

STRAHLEN- UND MEDIZINPHYSIK (ST)

Prof. Dr. Herwig G. Paretzke
 Institut für Strahlenschutz
 GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit
 Ingolstädter Landstraße 1
 85764 Neuherberg
 E-Mail: paretzke@gsf.de

Der FV Strahlen- und Medizinphysik ST kann mit der diesjährigen Veranstaltung erfreulicherweise ein fast doppelt so großes Programm wie letztes Jahr aufweisen. Dies liegt vor allem an dem hervorragenden genius loci des Wissenschaftsstandortes Heidelberg und führt natürlich zu einem entsprechend gedrängten Programm. Wir wollten Parallelsitzungen vermeiden. Um auch den kürzeren Vorträgen Möglichkeiten zur ausführlicheren Detail-Diskussion (z.B. in den Pausen) einzuräumen, können diese Beiträge zusätzlich in Posterform präsentiert werden.

Auch dieses Mal wurde das Programm zusammen mit Prof. Kraft und dem DMGP-Präsidenten, Prof. Semmler, erstellt. Es spiegelt die große Breite des Fachgebietes u.a. von der Röntgenstrahl-Erzeugung, -Messung und Bildgebung mittels X, MR, CT und PET über die Strahlentherapie mit Ionenstrahlen und Photonen bis zum aufregenden Gebiet der biophysikalischen Nanoskopie und molekularen Strahlenwirkung wieder. Highlights dieser Sitzungen werden sicherlich der Plenarvortrag von Prof. Kraft am Dienstag und der öffentliche Abendvortrag von Prof. Schlegel am Mittwoch sein.

Dieser FV veranstaltet anschließend von Mittwoch, 14:00, bis Freitag, 13:00, zusammen mit dem FV Massenspektrometrie für den Gemeinschaftsausschuss Strahlenforschung GAST dessen Jahrestagung als Satellitensymposium. Dieses ist ganz dem Anlass der 20sten Wiederkehr der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl mit einer Reihe wichtiger, sich ergänzender Vorträge (incl. einem öffentlichen Abendvortrag) widmet: „20 Jahre wissenschaftliche Erkenntnisse nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl“. Das wissenschaftliche Programm wird nach den Zusagen aller Sprecher vom GAST an gesonderter Stelle bekannt gegeben werden. Es ist zu erwarten, dass diese Veranstaltung auch auf großes Interesse außerhalb der DPG stoßen wird.

ÜBERSICHT DER HAUPTVORTRÄGE UND FACHSITZUNGEN

(Hörsaal D)

Hauptvorträge

ST 1.1	Mo	14:00	(D)	Modellierung des Streustrahleneffektes für die Rekonstruktion von radiographischen Schichtbildern , <u>Christoph Hoeschen</u> , Helmut Schlattl, Oleg Tischenko
ST 4.1	Mo	16:50	(D)	MR-Temperaturmessungen mit echo-time-shifted Gradientenechossequenzen , <u>Michael Bock</u> , Jürgen Jenne, Gabriela Wilzbach Divkovic, Wolfhard Semmler
ST 6.1	Di	10:00	(D)	Medical Physics aspects of the Heidelberg Heavy Ion Facility , <u>Oliver Jäkel</u>
ST 8.1	Di	14:00	(D)	Therapeutische Optionen in der Onkologie , <u>Andreas Bockisch</u> , Katia Brandt-Mainz, Lutz Freudenberg, Rainer Gorges
ST 9.1	Di	14:30	(D)	Multi-modale Bildfusion in der onkologischen Therapie , <u>Thomas Beyer</u>
ST 9.2	Di	14:50	(D)	Molecular Radiation Treatment Planning (MRTP) using receptor PET/CT - implications for radiopeptide therapy , <u>Richard P. Baum</u> , Christiane Wehrmann
ST 11.1	Di	16:30	(D)	Ein neues Konzept für die bild- und dosis- geführte Strahlentherapie , <u>Bernd-Michael Hesse</u> , Simeon Nill, Thomas Tücking, Uwe Oelfke
ST 12.1	Mi	10:00	(D)	Laseroptical Nanoscopy: New Tools for Single Cell Analysis , <u>Christoph Cremer</u>

Fachsitzungen

ST 1	Radiologische Bildauswertung I	Mo 14:00–15:00	D	ST 1.1–1.4
ST 2	Röntgenstrahlen-Erzeugung und Detektion I	Mo 15:00–16:00	D	ST 2.1–2.6
ST 3	Röntgenstrahlen-Erzeugung und Detektion II	Mo 16:30–16:50	D	ST 3.1–3.2
ST 4	MR - Bildgebung	Mo 16:50–18:00	D	ST 4.1–4.5
ST 5	Plenarvortrag von Gerhard Kraft	Di 09:00–10:00	A	ST 5.1–5.1
ST 6	Strahlentherapie mit schnellen Ionen I	Di 10:00–11:00	D	ST 6.1–6.4
ST 7	Strahlentherapie mit schnellen Ionen II	Di 11:30–13:10	D	ST 7.1–7.10
ST 8	Therapeutische Optionen	Di 14:00–14:30	D	ST 8.1–8.1
ST 9	PET und CT	Di 14:30–16:00	D	ST 9.1–9.7
ST 10	Poster	Di 16:00–16:30	C	ST 10.1–10.3
ST 11	Verbesserung der Bestrahlungsplanung	Di 16:30–18:30	D	ST 11.1–11.10
ST 12	Biophysikalische Nanoskopie	Mi 10:00–12:10	D	ST 12.1–12.8
ST 13	Biophysikalische Strahlenwirkungen	Mi 12:10–12:40	D	ST 13.1–13.3
ST 14	Medizinphysikalische Messverfahren	Mi 12:40–13:10	D	ST 14.1–14.3
ST 15	Öffentlicher Abendvortrag von Wolfgang Schlegel	Mi 19:30–20:30	F	ST 15.1–15.1

Mitgliederversammlung des Fachverbands Strahlen- und Medizinphysik

Mo 18:15–19:00 D

1. Bericht des Fachverbandsleiters
2. Wichtige Informationen z.B. über Tagungen
3. Wahl des neuen Fachverbandsleiters
4. Verschiedenes

Fachsitzungen

– Haupt-, Kurzvorträge und Posterbeiträge –

ST 1 Radiologische Bildauswertung I

Zeit: Montag 14:00–15:00

Raum: D

Hauptvortrag

ST 1.1 Mo 14:00 D

Modellierung des Streustrahleneffektes für die Rekonstruktion von radiographischen Schichtbildern — ●CHRISTOPH HOESCHEN, HELMUT SCHLATTL und OLEG TISCHENKO — GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Institut für Strahlenschutz, Ingolstädter Landstr. 1, 85764 Neuherberg

Neuentwicklungen in der medizinischen Bildgebung durchlaufen mehrere Evaluierungsschritte, bevor sie in der Praxis eingesetzt werden. Dies gilt insbesondere für Rekonstruktionsalgorithmen für Schichtbildverfahren wie z. B. CT. Einer dieser Schritte ist die Simulation des bildgebenden Prozesses und der anschließende Vergleich mit den etablierten Algorithmen. Neben einfachen geometrischen Testobjekten werden inzwischen realistische Patientenmodelle verwendet. Allerdings wird bei derartigen Modellen meist angenommen, dass nur Absorption auftritt, keine Streuung. Um den Effekt dieser Vereinfachung zu studieren, wurden für ein Voxelmodell Simulationen mit dem Monte-Carlo-Code EGSnrc mit und ohne Streustrahlung für verschiedene CT-Konfigurationen (unterschiedlich große Detektoren) durchgeführt. Die erhaltenen Sinogramme wurden mit dem Standard-Algorithmus FBP und dem neu entwickelten OPED Algorithmus rekonstruiert. Dabei zeigte sich, dass die Streustrahlung bei größeren Detektoren erwartungsgemäß an Gewicht gewinnt, was für die beiden Rekonstruktionsverfahren unterschiedlich bedeutsam ist. Für Simulationen zur Evaluation von Flächendetektor-CTs sollte die Streustrahlung berücksichtigt werden.

ST 1.2 Mo 14:30 D

INTERPOLATIONSMETHODE ZUR VERBESSERUNG EINER NEUEN CT - REKONSTRUKTIONSMETHODEN — ●HUGO DE LAS HERAS, OLEG TISCHENKO und CHRISTOPH HOESCHEN — Ingolstädter Landstr. 1 85764 Neuherberg

Die Auflösungsmöglichkeiten des in der CT Praxis meist angewendeten Rekonstruktionsverfahrens, FBP (Filtered Back Projection), sind durch die unvermeidbare Filterung begrenzt. Ein anderer Algorithmus, OPED (Orthogonal Polynomial Expansion on Disc), erlaubt es, in den Rekonstruktionsbildern, eine höhere Auflösung zu erreichen. In den Singularitäten entstehen trotzdem typische Artefakte.

Um diese Artefakte zu beseitigen, werden neuen Methoden die Messdaten zu interpolieren benutzt. Darum wurden Phantomaufnahmen simuliert, die dann mit den erwähnten Interpolationsverfahren und den OPED-Rekonstruktion in Schichtbilder gewandelt wurden. Die Artefakte, das Rauschen und die Ortsauflösung wurden gemessen und für die verschiedenen Interpolationsverfahren verglichen. Die "Rational Splines" haben sich als die besten erwiesen.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit Hilfe von OPED aus einem kleineren Datensatz von Radondaten hoch aufgelöste quasiartefaktfreie Bilder generiert werden können, wenn geeignete Interpolationsmethoden verwendet werden. Aufgrund der Bildeigenschaften bei dem reduzierten Datensatz ist davon auszugehen, dass mit diesem Verfahren Dosisersparungen in CT möglich werden.

ST 1.3 Mo 14:40 D

Auswertung anthropomorpher virtueller Phantome für die digitale pädiatrische Radiographie — ●FELIX SCHÖFER¹, KARL SCHNEIDER², HELMUT SCHLATTL¹, ZANKL MARIA¹ und HOESCHEN CHRISTOPH¹ — ¹GSF - Institut für Strahlenschutz, Neuherberg — ²Dr. von Haunersches Kinderspital der Universität München

Die vorgestellten Untersuchungen sind ein Schritt zur Optimierung von Bestrahlungsparametern in der digitalen pädiatrischen Radiografie.

Es wurden Monte-Carlo-Simulationen anthropomorpher virtueller Phantome (Voxelmodelle) verglichen mit Simulationen unterschiedlicher technischer Prüfkörper. Die Rechnungen wurden für monoenergetische Exposition sowie für unterschiedliche Röhrenspektren durchgeführt. Ziel der Untersuchung es, quantifizierbare Prüfkörpereigenschaften aus den individuellen Eigenschaften der Abbildung und der virtuellen Menschmodelle zu bestimmen. Das Verfahren ermöglicht die optimale Anpassung eines Prüfkörpers an Patienteneigenschaften und Fragestellungen der Kinderradiologie.

Die Ergebnisse dienen der Vorbereitung einer experimentellen Human-Observer-Studie zur Optimierung von Expositionsparametern zur Verbesserung der Relation zwischen Bildqualität und Dosis in der digitalen, pädiatrischen Radiologie.

ST 1.4 Mo 14:50 D

Alternative Scangeometrie für die Computer Tomographie — ●OLEG TISCHENKO¹, YUAN XU² und CHRISTOPH HOESCHEN¹ — ¹GSF Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Ingolstädter Landstraße 1, 85764, Neuherberg — ²University of Oregon, Department of Mathematics, OR 97403-1222, Eugene, USA

Spiralscanner sind heutzutage die gängigsten Scanner in der CT Praxis. Die mit diesen Scannern gesammelten Messdaten entsprechen nicht ganz der Geometrie, die für die in CT Geräten angewendeten Rekonstruktionsalgorithmen vorgesehen ist. Idealerweise sollte man Absorptionswerte messen, die geraden, durch das zu untersuchende Objekt gehenden Linien entsprechen. Das ist bei den existierenden Scannern nicht möglich. Wir schlagen eine Scangeometrie vor, die es erlaubt, die Absorptionswerte längs der geraden Linien zu messen. Dazu verwenden wir zusätzlich einen stationären Ring, in dessen Innenraum sich das Objekt befindet, und der aus einer Abfolge der Kollimationsfenstern und Detektoren besteht. Ein Teil der Messdaten wird mit diesen Detektorelementen gemessen. Die Photonen, die durch den Ring hindurch kommen, kann man wie gewöhnlich mit den Detektoren der Gantry messen. Der andere wichtige Vorteil dieser Geometrie neben der Datensammlung entlang gerader Linien liegt darin, dass man durch die Kollimation die Röntgendosis für den Patienten um einen Faktor 2 reduzieren kann. Die beschriebene Scangeometrie kann man für die existierenden Rekonstruktionsverfahren anwenden; sie ist aber optimal für OPED (Orthogonal Polynomial Expansion on Disk).

ST 2 Röntgenstrahlen-Erzeugung und Detektion I

Zeit: Montag 15:00–16:00

Raum: D

ST 2.1 Mo 15:00 D

Monte-Carlo-Simulation zur Strahlungserzeugung in Röntgenröhren — ●FRANK SUKOWSKI¹, GISELA ANTON¹ und PETER SCHARDT² — ¹Erwin-Rommel-Str. 1, 91058 Erlangen — ²Günther-Scharowsky-Str. 1, 91058 Erlangen

Um die physikalischen Prozesse in Röntgenröhren, insbesondere die Strahlungserzeugung im Brennfleck auf der Anode im Detail zu verstehen, bietet es sich an, die Vorgänge mit Hilfe eines Monte Carlo Simulationsprogramms zu beschreiben. Aus solchen Rechnungen können Zusammenhänge zwischen Einzelprozessen und makroskopischen Observablen

genau beobachtet werden. Somit wäre es möglich, neuartige Röhrendesigns auf ihre Leistungsfähigkeit zu überprüfen, bevor kostspielige Experimente aufgebaut werden. In dieser Studie wurde das auf EGS4 basierende MC Simulationsprogramm ROSI verwendet. Um die Zuverlässigkeit der Simulation zu überprüfen, wurden zunächst Messungen an definierten Röntgenröhrenaufbauten durchgeführt bzw. Literaturdaten herangezogen. Die Aufbauten wurden danach exakt im Simulationsprogramm nachgebildet und die Ergebnisse von Experiment, Literatur und Simulation miteinander verglichen. Dabei wurde sowohl die Energie- als auch die Winkelverteilung der erzeugten Röntgenstrahlung betrachtet.

ST 2.2 Mo 15:10 D

Simulation von Elektronenrückstreuung an Röntgenröhrenanoden — ●ANJA LOEHR¹, PROF.DR. GISELA ANTON¹, JÜRGEN DURST¹, DR. JÜRGEN GIERSCH² und FRANK SUKOWSKI¹ — ¹Physikalisches Institut Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel Str.1, 91058 Erlangen — ²Department für Physik LMU München, Schellingstraße 4, 80799 München

Dringen Elektronen im Röntgenenergiebereich in ein Material ein, können sie sowohl elastisch als auch inelastisch gestreut werden. Durch inelastische Streuprozesse entsteht zum einen Bremsstrahlung, zum anderen finden durch Stöße an Hüllenelektronen Ionisierungsprozesse mit nachfolgender Emission von Fluoreszenzstrahlung statt. Bei elastischen Streuvorgängen an Atomkernen können große Streuwinkel auftreten, wodurch die Elektronen aus dem Material herausgestreut werden können. Diese Elektronen führen beim Auftreffen auf die Röntgenröhrenhülle zu einer Wärmeentwicklung. Des Weiteren wird durch das Auftreffen der Elektronen auf der Röhrenhülle und auf der Anode, außerhalb des elektrischen Brennflecks, die Schärfe des Röntgenstrahlenfokus beeinträchtigt. Die Energie- und Winkelverteilung, sowie die Energiedeposition in der Röhrenhülle, als auch die Gesamtzahl der rückgestreuten Elektronen konnte mit Hilfe des Monte Carlo Simulationsprogrammes ROSI an verschiedenen Anodenoberflächen simuliert werden. Die in diesem Vortrag präsentierten Simulationsergebnisse zur Elektronenrückstreuung sind von großer Bedeutung für Forschung und Industrie, da mit ihnen konkrete Designstudien für neue Röhrenkonzepte durchgeführt werden können.

ST 2.3 Mo 15:20 D

Untersuchung der Energiedepositionsverteilung in Röntgendetektoren mit dem Simulationspaket ROSI — ●JÜRGEN DURST¹, GISELA ANTON¹, JÜRGEN GIERSCH² und FRANK SUKOWSKI¹ — ¹Physikalisches Institut IV, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin Rommel Straße 1, 91058 Erlangen — ²Ludwig-Maximilians-Universität München, Department für Physik, Schellingstraße 4/I, 80799 München

Die Modellierung moderner Bildgebungssysteme erfordert eine flexible und einfach zu benutzende Simulationsumgebung. Dabei ist die Benutzung eines korrekten physikalischen Modells sehr wichtig. ROSI ist ein objektorientiertes Monte-Carlo-Simulationspaket, das an unserem Lehrstuhl entwickelt wurde. Dabei wurde auf die etablierten EGS4-Algorithmen mit ihrer Niedrigenergieerweiterung LSCAT zurückgegriffen. Zukünftige Physikalgorithmen können in ROSI eingebunden werden. Dabei ermöglicht die Modularität des Programms dem Benutzer, die zugrundeliegenden Physikroutinen ohne weitere Änderungen an seiner Simulationsmodellierung zu wählen.

Im Benutzercode können vielfältige Geometrien umgesetzt werden und im Postprocessing komplexe Auswertungen vorgenommen werden. Das Ein- und Ausschalten einzelner physikalischer Effekte ist möglich.

Der Einfluss der Fluoreszenzen und weiterer Effekte auf die räumliche Verteilung der Energiedeposition für verschiedene Detektormaterialien wurde untersucht und wird in diesem Vortrag zur Demonstration der Fähigkeiten des Simulationspakets beispielhaft vorgestellt.

ST 2.4 Mo 15:30 D

Optimierung der Eigenschaften des Medipix2-Detektors bezüglich energieaufgelöster Röntgenbildgebung — ●FRANK NACHTRAB¹, GISELA ANTON¹, JÜRGEN GIERSCH², THILO MICHEL¹ und DANIEL NIEDERLÖHNER¹ — ¹Physikalisches Institut IV, Universität Erlangen-Nürnberg, Rommelstraße 1, 91058 Erlangen — ²Department für Physik, LMU-München, Schellingstraße 4/I, 80799 München

Der Medipix2-Detektor ist ein photonenzählender Pixeldetektor unter Anderem für die Röntgenbildgebung. Mit 256x256 Pixeln von je

55x55 μm^2 Größe bietet er ein hohes räumliches Auflösungsvermögen. Zwei variable Energieschwellen ermöglichen es dem Medipix2, nur Photonen in einem bestimmten Energiefenster zu zählen.

Wir verwenden den Medipix2-Detektor in verschiedenen Aufbauten sowohl zur projektiven Radiographie, als auch für Mikro-CT. CT-Aufnahmen entsprechend kleiner Objekte sind bis zur Auflösungsgrenze von 50 μm gelungen.

Energieaufgelöste Aufnahmen haben ein großes Potential in der medizinischen Bildgebung. Wir konnten zeigen, dass durch Energiewichtung eine maximale Dosisreduktion um den Faktor 2 bei gleichbleibender Bildqualität (SNR) möglich ist. In projektiver Geometrie wurden bereits Experimente durchgeführt, um durch Verschiebung von Energieschwellen über das Röntgenspektrum einen energieauflösenden Detektor zu emulieren. Eine Grundvoraussetzung für energieaufgelöste Computertomographie mit dem Medipix2 ist die Minimierung des Schwellenrauschens. Hierzu wurden Experimente durchgeführt, um aus dem Flatfield-Rauschen Korrekturmasksen direkt an den jeweiligen Schwellen zu erzeugen.

ST 2.5 Mo 15:40 D

Untersuchungen zum Zählverhalten des Medipix2-Röntgendetektors — ●MICHAEL BÖHNEL¹, GISELA ANTON¹, JÜRGEN DURST¹, JÜRGEN GIERSCH², ALEXANDER KORN¹ und THILO MICHEL¹ — ¹Physikalisches Institut, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen — ²LMU München, Department für Physik, Schellingstraße 4, 80799 München

Der hier untersuchte Medipix2-Detektor ist ein photonenzählender, pixelierter Halbleiterdetektor, der aus einer Silizium-Konversionsschicht und einem ASIC mit zwei variablen Energieschwellen aufgebaut ist.

Der Detektor besteht aus 256x256 quadratischen Pixeln mit einer Kantentlänge von je 55 μm und ermöglicht eine hohe Ortsauflösung bei Anwendungen in der medizinischen Röntgenbildgebung.

Diese Studie untersucht Zusammenhänge zwischen dem Zählverhalten der Pixel, den Betriebsparametern und der einfallenden Photonenenergie im Röntgenbereich.

Hierzu wurde der Medipix2-Detektor mit der Monte-Carlo Simulation ROSI realitätsnah modelliert. Zusätzlich wurden Experimente durchgeführt. Die Ergebnisse werden in diesem Vortrag vorgestellt und miteinander verglichen.

ST 2.6 Mo 15:50 D

Simulation der Diffusion und des Signalverhaltens in pixelierten Halbleiter-Röntgen-Detektoren — ●BJÖRN KREISLER, GISELA ANTON, JÜRGEN DURST, THILO MICHEL und MICHAELA MITSCHKE — Physikalisches Institut 4, Erwin-Rommel-Straße 1, 91058 Erlangen

Einfallende Röntgenquanten erzeugen eine Verteilung von freien Ladungsträgern im Halbleiter-Detektormaterial. Diese Ladungsverteilung driftet bei angelegter Spannung dem elektrischen Feld entsprechend zu den Elektroden, wobei die Bewegung von einer isotropen Diffusion überlagert wird. Bei dem heute üblichen Aufbau der Detektoren mit geringen Pixelgrößen und dicker Sensorschicht ist diese Diffusion maßgeblich für das Auflösungsvermögen verantwortlich, da sich die Ladungsverteilung über Pixelgrenzen hinweg ausdehnen kann (Charge Sharing). Die Strompulse, welche an den Pixel-Elektroden des Detektors gemessen werden, sind stark durch den Effekt der Induktion von Ladungen bestimmt. Das zeitliche Verhalten dieser induzierten Signale kann mit Hilfe von Wichtungspotentialen berechnet werden.

In diesem Vortrag werden die Ergebnisse zeitabhängiger Simulationen der Bewegung der Ladungsverteilung und der auf den Pixel-Elektroden induzierten Strompulse vorgestellt. Die Simulationsrechnungen wurden mit dem kommerziell verfügbaren Finite-Elemente Programm Comsol durchgeführt und können an beliebige Detektormaterialien und -geometrien angepasst werden.

ST 3 Röntgenstrahlen-Erzeugung und Detektion II

Zeit: Montag 16:30–16:50

Raum: D

ST 3.1 Mo 16:30 D

Quantitative Materialrekonstruktion mit energiesensitiven Röntgenpixeldetektoren — ●MARKUS FIRSCHING¹, GISELA ANTON¹, JÜRGEN GIERSCH² und DANIEL NIEDERLÖHNER¹ — ¹Physikalisches Institut IV, Universität Erlangen-Nürnberg, Erwin-Rommel-Str. 1, 91058 Erlangen — ²Department für Physik, LMU München, Schellingstr. 4/I, 80799 München

Aktuelle röntgenstrahlungsbasierte Bildgebungsverfahren nutzen den Informationsgehalt aus der Energie der detektierten Strahlung nicht. Zukünftige photonenzählende Pixeldetektoren sind in der Lage, die Energie jedes detektierten Photons zu messen. Dadurch ergeben sich vielfältige Möglichkeiten, diese zusätzliche Information zur Steigerung der Bildqualität bzw. zur Dosisreduktion zu nutzen.

Wir haben einen Maximum-Likelihood-Ansatz verwendet, um unter Kenntnis der (Basis-)Materialien deren Flächendichten in projektiver

Geometrie aus einem detektierten Spektrum zu rekonstruieren und die Möglichkeiten und Grenzen der Methode untersucht. Diese so genannte Materialrekonstruktion ermöglicht z. B. die Unterscheidung eines Kontrastmittels von anderen, ebenfalls stark absorbierenden Materialien und Strukturen.

Mit dem Monte-Carlo-Simulationsprogramm ROSI wurden Simulationen mit dafür neu entwickelten Phantomen durchgeführt. Anhand der so gewonnenen Daten konnte die Methode erfolgreich getestet und ihre Leistungsfähigkeit bewiesen werden.

ST 3.2 Mo 16:40 D

Halbleiterdetektoren zur energieauflösenden Messung der Gamma-Ortsdosisleistung — ●JOHANNES GREGORI¹, ANDREAS ZWERGER², ALEX FAULER¹, ULRICH STÖHLKER³ und MICHAEL FIEDERLE¹ — ¹Freiburger Materialforschungszentrum, Stefan-Meier-Str. 21, 79104 Freiburg — ²Universität Freiburg, Physikalisches Institut, Hermann-Herder-Str. 3, 79104 Freiburg — ³Bundesamt für Strahlenschutz, Institut für Atmosphärische Radioaktivität, Rosastr. 9, 79098 Freiburg

Zur Überwachung der Ortsdosisleistung (örtliche Äquivalentdosisleistung) wird vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) ein Messnetz betrieben. Zu diesem Zweck werden derzeit Geiger-Müller-Zählrohre als Detektoren eingesetzt. Um die verschiedenen Ursachen der Strahlung unterscheiden zu können, ist jedoch ein Detektorsystem mit hoher Energieauflösung im Energiebereich von 0,5 bis 2 MeV erwünscht. Als mögliche Alternative werden seit kurzem Halbleiterdetektoren auf der Basis von Cadmium-Zink-Tellurid ((Cd,Zn)Te) mit aktiven Volumina von etwa 1cm³ getestet. Diese Detektoren ermöglichen die Herstellung von mobilen, kompakten Systemen, die eine sehr gute Energieauflösung erzielen.

In diesem Vortrag wird ein Detektorsystem präsentiert, welches am Freiburger Materialforschungszentrum (FMF) der Universität Freiburg in Kooperation mit dem Institut für Atmosphärische Radioaktivität des BfS entwickelt wurde. Kernstück ist ein (Cd,Zn)Te-Halbleiterkristall, der am FMF gezüchtet und prozessiert wurde. Auf dem Stand der bisherigen Entwicklungen wird die Möglichkeit eines flächendeckenden Einsatzes diskutiert.

ST 4 MR - Bildgebung

Zeit: Montag 16:50–18:00

Raum: D

Hauptvortrag

ST 4.1 Mo 16:50 D

MR-Temperaturmessungen mit echo-time-shifted Gradientenechosequenzen — ●MICHAEL BOCK, JÜRGEN JENNE, GABRIELA WILZBACH DIVKOVIC und WOLFHARD SEMMLER — Deutsches Krebsforschungszentrum (dkfz), Heidelberg

Die Protonenresonanzfrequenzmethode der Magnetresonanztomographie erlaubt die nichtinvasive Messung von Temperaturänderungen im menschlichen Körper. Die hierzu verwendeten Pulssequenzen benötigen lange Echozeiten TE, um die durch die Temperaturänderung hervorgerufenen Phasenänderungen zu detektieren. In dieser Arbeit wird eine spezielle Pulssequenz vorgeschlagen, die die Aufnahme mehrerer Bildgebungsschichten ineinander so verschachtelt, dass die Echozeiten zur Raumkodierung der jeweils anderen Schichten genutzt werden. Hiermit gelingt es bei langen Echozeiten in kürzerer Zeit mehrere Schichten zu akquirieren. An einem klinischen Ganzkörpertomographen (1.5 T, Siemens Symphony) wurde die Temperatursequenz implementiert und evaluiert. Dazu wurde eine perfundierte Niere entweder mit fokussiertem Ultraschall (HIFU) oder über eine optische Faser eingekoppeltes Laserlicht (LITT) erwärmt. Vor, während und nach der Erwärmung wurde die Temperaturänderung mit einer Zeitauflösung von 6.7 s bei einer räumlichen Auflösung von 1x1x6 mm³ in drei Schichten bestimmt. Nach Korrektur von Systeminstabilitäten konnte die Temperaturänderung mit einer Genauigkeit von ca. 1 °K gemessen werden.

ST 4.2 Mo 17:20 D

Dynamische Spulenselektion für die interventionelle Magnetresonanztomographie mit paralleler Echtzeitrekonstruktion — ●SVEN MÜLLER, REINER UMATHUM, SEBASTIAN LEY, WOLFHARD SEMMLER und MICHAEL BOCK — Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg

Parallele MR-Bildgebungsmethoden gestatten es, die Aufnahmezeit von MR-Bildern um Faktoren von 2 und mehr zu reduzieren, indem die intrinsische Ortsinformation der verwendeten Bildgebungsspulen genutzt wird. Die parallele Bildrekonstruktion erfordert jedoch einen größeren numerischen Aufwand, der bei Echtzeitbildgebung dazu führen kann, dass die Bildrekonstruktion länger dauert als die Aufnahme. Um die Synchronität von Aufnahme und Rekonstruktion zu erhalten wird in dieser Arbeit ein Verfahren vorgeschlagen, dass die Anzahl der verwendeten Bildgebungsspulen dynamisch an die Bildschicht anpasst. Nach Vorgabe einer maximalen Spulenzahl zur Rekonstruktion aktiviert ein Algorithmus während der Echtzeitbildgebung die jeweils am nächsten gelegenen Spulen und verwendet nur diese Daten zur Bildrekonstruktion. In Kombination mit aktivem catheter tracking, bei dem die Bildgebungsschicht durch die Instrumentenlage definiert wird, wurde am Tierversuch mit dieser Technik eine Bildaufnahmerate von 4 Hz erreicht. Neben der Beschleunigung der Rekonstruktion wurde auch eine Verbesserung des lokalen Signal-zu-Rausch-Verhältnisses sowie die Reduktion von Einfaltungsartefakten erreicht.

ST 4.3 Mo 17:30 D

Reduktion von B1-Einklopplungen in Signalleitungen durch optimierte Transformatoren — ●AXEL KRAFFT, REINER UMATHUM, SVEN MÜLLER, WOLFHARD SEMMLER und MICHAEL BOCK — Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg

In der interventionellen Magnetresonanztomographie werden kleine Hochfrequenzspulen an Instrumente angebracht, um deren Position im MR-Tomographen schnell und automatisch detektieren zu können. Die Spulen werden mit dem Empfangssystem des Tomographen über Signalleitungen verbunden, die unter ungünstigen Umständen durch Kopplung mit dem HF-Sendefeld des Tomographen stark erhitzen können. In dieser Arbeit wird ein Transformator-Design präsentiert, das die Signalleitung elektrisch in kurze, nicht-resonante Teile zerlegt und damit resonante Einkopplung des HF-Sendefeldes vermeidet. Zusätzlich sind die Transformatoren so geformt (8-Form), dass auch eine direkte Einkopplung in die Transformatoren minimiert wird. Miniaturisierte Transformatoren (Länge: 18 mm, Breite: 9 mm) wurden gefertigt und mit konventionellen ringförmigen Transformatoren verglichen. Die Gleichtaktdämpfung beider Systeme betrug ca. 22 dB, während die Signaldämpfung nur ca. 0.3 dB ausmachte. Die Signaleinkopplung an den 8-förmigen Transformatoren gegenüber dem konventionellen Design wurde deutlich reduziert, so dass in MR-Bildgebungsexperimenten ein kleinerer Artefakt beobachtet wird.

ST 4.4 Mo 17:40 D

Radial Magnetic Resonance Imaging of the Human Lung — ●FALKO LOHBERGER, MICHAEL AMANN, and LOTHAR R. SCHAD — Deutsches Krebsforschungszentrum, Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg

In magnetic resonance imaging radial k-space sampling schemes provide very short echo times down to the submillisecond range. Furthermore, radial acquisition techniques are relatively motion insensitive due to central k-space averaging effects. Additionally, short readout times are feasible in radial MRI allowing the acquisition of a set of slices covering the whole lung volume within a single breathhold. In this work, a 2D radial gradient echo technique with angular undersampling was optimized for lung imaging on a 1.5T whole-body MR scanner. On-line data reconstruction was implemented. The k-space readout pattern consisted of a conventional 2D slice encoding and a radial in-plane readout with angular undersampling: P=384 angular projections by S=192 radial samples which resulted in k-space oversampling in the central region and undersampling in the periphery. It is shown that radial sampling increases image quality due to reduced motion artifacts. An echo time of TE=0.57ms provided by the radial sequence yields substantially improved visibility of lung parenchyma and sub-segmental vessels compared to the Cartesian sampling with a four times larger echo time of TE=2.54ms for the same resolution.

ST 4.5 Mo 17:50 D

In vivo Phosphor-31-Echo-Planar Spectroscopic Imaging des menschlichen Gehirns — ●MARCO ULRICH¹, TIM WOKRINA¹, GABRIELE ENDE¹ und PETER BACHERT² — ¹NMR-Forschung, Zentralinstitut für Seelische Gesundheit, Mannheim — ²Abteilung Medizinische Physik in der Radiologie, DKFZ, Heidelberg

Echo-Planar Spectroscopic Imaging (EPSI) ist eine der schnellsten Methoden der NMR-spektroskopischen Bildgebung zur Gewinnung von orts aufgelöster spektraler Information in vivo. Bislang wurde diese Technik fast ausschließlich in der Protonen-NMR-Spektroskopie (H-1-MRS)

eingesetzt. Um den Energiestoffwechsel des Gehirns in vivo mit hoher zeitlicher Auflösung beobachten zu können, entwickelten wir eine NOE- (nuclear Overhauser effect)-verstärkte Phosphor-31-EPSI-Sequenz (Matrix 8*8, min TE/TR = 1.2 ms /140 ms, min Messdauer= 1.2 s). Alle Experimente wurden an einem 1.5-T-MR-Tomograph (Magnetom Vision; Siemens, Erlangen), ausgestattet mit einer doppelresonanten Kopfspule (H-1, P-31), durchgeführt. In Untersuchungen von Probanden erhielten wir hoch aufgelöste P-31-NMR-Spektren (min interpoliertes Voxelvolumen = 16 ml) mit intensiven Resonanzen der energiereichen Phosphate. Die extrem kurze Aufnahmezeit ermöglicht funktionelle Studien mit P-31-MRS.

ST 5 Plenarvortrag von Gerhard Kraft

Zeit: Dienstag 09:00–10:00

Raum: A

Strahlentherapie mit schnellen Ionen – Beitragstext siehe Programmbereich Plenarvorträge.

ST 6 Strahlentherapie mit schnellen Ionen I

Zeit: Dienstag 10:00–11:00

Raum: D

Hauptvortrag

ST 6.1 Di 10:00 D

Medical Physics aspects of the Heidelberg Heavy Ion Facility — ●OLIVER JÄKEL — Deutsches Krebsforschungszentrum

At the German heavy ion facility GSI a pilot project for radiotherapy with a scanned beam of carbon ions is operational since 1997. Nearly 300 patients have been treated with carbon ions until the end of 2005 using the newly developed raster scan system. Many further developments in the field of medical physics will be necessary, however, before the hospital based facility at the university Heidelberg can start its clinical operation in 2007. Of special importance are the fields of dosimetry and treatment planning.

In the field of clinical dosimetry, the main task is to extend the measurement protocol developed for ionization chambers in a field of Carbon ions also to other ion species that will be used at the Heidelberg facility. Furthermore, the overall uncertainty of dose measurements, which is still higher than for conventional high energy X-ray therapy, has to be improved and efficient methods for dose verification have to be developed.

Concerning the treatment planning system the main tasks are to develop tools for fast optimization of multiple beam ports and to extend the database available for carbon ions towards the other relevant ions, like Helium, Oxygen etc.

ST 6.2 Di 10:30 D

Anforderungen an die Qualitätssicherung für eine klinische Schwerionentherapie-Anlage — ●CHRISTIAN KARGER, PETER HEEG und OLIVER JÄKEL — Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg

Seit 1997 wurden an der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) mehr als 300 Tumorpatienten mit Kohlenstoffionen behandelt. Die vielversprechenden Ergebnisse führten zur Planung einer Klinik-basierten Schwerionentherapieanlage, die sich z.Zt. an der Universitätsklinik in Heidelberg im Bau befindet. Da diese Anlage eine Kapazität von bis zu 1000 Patienten pro Jahr besitzt, müssen einige der Qualitätssicherungsverfahren angepaßt und optimiert werden. Die wichtigsten Anforderungen sind: zeitsparende tägliche Prozeduren, wie z.B. eine automatisierte Monitorkalibrierung in mehreren Behandlungsräumen, Strahlage-Checks für einen gesamnten Strahl in einem drehbaren Bestrahlungskopf (Gantry), Erfassung der Fluenzverteilung individueller Bestrahlungsfelder sowie eine Gantry-kompatible Dosisverifikationstechnik. Das bestehende Qualitätssicherungsprogramm muß daher für den effizienten Betrieb in einer klinischen Umgebung optimiert und für die Anwendung mit einer Gantry erweitert werden.

ST 6.3 Di 10:40 D

Rapid Calculation of Biological Effects and Multifield Treatment Planning for Ion Beams — ●MICHAEL KRAEMER, MICHAEL SCHOLZ, and ALEXANDER SCHMIDT — GSI Darmstadt, Planckstr. 1

Since 1997 a radiotherapy pilot project is running at GSI (Darmstadt) treating tumour patients with scanned beams of fast carbon ions. Treatments are planned with the dedicated TRiP98 software package. This includes modelling not only the physical properties of ion-matter interaction but also the radiobiological effects in complex irradiation configurations. For this purpose an implementation of the Local Effect Model (LEM) is incorporated, which unfortunately needs a lot of computing resources when applied in sophisticated treatment optimizations. It can be shown, however, that a suitable approximation vastly reduces computing time without sacrificing accuracy. As a consequence, simultaneous optimization of multiple ion fields is now feasible within reasonable turn-around times. This method allows significantly improved sparing of organs-at-risk. Since it is a good idea not to rely solely on computer calculations, patient-like irradiation configurations are verified experimentally by means of biological dosimetry. The method is not restricted to carbon ions but can be used for other ion species as well. Hence the TRiP98 software package can be used as a universal ion planning tool to allow fair comparisons of ion beam therapy with competing techniques like e.g. photon IMRT.

ST 6.4 Di 10:50 D

Multiple field optimization in heavy ion treatment planning - clinical aspects — ●MALTE ELLERBROCK¹, OLIVER JÄKEL¹, MICHAEL KRÄMER², ANNA NIKOGHOSYAN³, and DANIELA SCHULZ-ERTNER³ — ¹DKFZ Heidelberg — ²GSI Darmstadt — ³Univ. Clinic Heidelberg

Intensity modulated particle therapy (IMPT) evolves into a promising technology in cancer treatment. The carbon ion raster scanning technology at the GSI places high demands on treatment planning to obtain a homogeneous dose distribution in the target volume. The treatment planning software TRiP98 used so far for patient treatment optimizes different fields individually. An advanced version developed by Michael Krämer, TRiP98BEAM, allows the simultaneous optimization of multiple fields to improve the sparing of organs at risk and to enhance the conformity of the target volume.

On the way to establish the improved optimization in clinical treatment routine, a planning study is performed using actual patient data of deep seated head tumours close to critical structures. The physical dose absorbed by different tissues is compared for single and multiple field optimization using clinical quantities like dose volume statistics for organs at risk.

ST 7 Strahlentherapie mit schnellen Ionen II

Zeit: Dienstag 11:30–13:10

Raum: D

ST 7.1 Di 11:30 D

Untersuchungen zur Vielfelderoptimierung in der Ionentherapie — ●ALEXANDER SCHMIDT — GSI-Biophysik, Darmstadt, Germany

Ein wesentlicher Bestandteil der Bestrahlungsplanung in der Tumortherapie an der GSI ist die Optimierung, bei der die Teilchenfluenzen von typischerweise mehreren tausend Einzelstrahlen pro Strahlrichtung (Feld) so festgelegt werden, dass eine tumorkonforme Dosisverteilung erzielt wird. Seit kurzem ist es möglich die Fluenzen der Einzelstrahlen aller Felder unter voller Berücksichtigung der biologisch effektiven Dosis gleichzeitig zu bestimmen. Hierzu wird eine Bewertungsfunktion mit verschiedenen, wählbaren Gradientenverfahren minimiert. In Simulation und Experiment zeigt diese neue Methode (Vielfelderoptimierung) eine verbesserte Tumorkonformität und vor allem auch eine deutliche Dosisreduktion in kritischen Organen.

ST 7.2 Di 11:40 D

4D-Bestrahlungsplanung für rastergescannte Kohlenstofftherapie — ●CHRISTOPH BERT¹, EIKE RIETZEL¹, SVEN O. GRÖZINGER¹, THOMAS HABERER² und GERHARD KRAFT¹ — ¹Biophysik, Gesellschaft für Schwerionenforschung, Planckstr. 1, 64291 Darmstadt — ²Heidelberg Ionenstrahl-Therapie Centrum, Uniklinik, INF 400, 69120 Heidelberg

Die bei der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) durchgeführte Kohlenstofftherapie ist bisher auf stereotaktisch fixierbare Tumorumfänge beschränkt. Bei der Strahlapplikation mit dem Raster-scanner-System werden die Strahlpositionen je Tumorschicht meanderförmig abgefahren. Bewegungen während der Bestrahlung führen aufgrund von Interferenzen mit der dynamischen Strahlapplikation zu Dosisdegradation. Bei durch die Atmung bewegten Tumoren kann die Strahlposition lateral und in der Tiefe der Bewegung nachgeführt werden, um trotz Tumorbewegung eine homogene Dosisverteilung zu erzielen.

Eine solche bewegungskompensierte Bestrahlung erfordert außer der technischen Umsetzung der Strahlnachführung die Erfassung der Tumorbewegung parallel zur Bestrahlung und eine erweiterte Bestrahlungsplanung. Für die Bestrahlungsplanung wurden neue Module in die GSI-Planungssoftware TRIP integriert. Sie berücksichtigen auf Basis von 4D-Computertomographie den zeitlichen Ablauf einer Bestrahlung. Somit können für gängige Techniken zur Minimierung von Bewegungseinfluss Dosisverteilungen unter Bewegung berechnet werden. Außerdem ist die Optimierung von bewegungskompensierten Bestrahlungen möglich. Vorgestellt werden die Details der Bestrahlungsplanung unter Bewegungseinfluss und die Ergebnisse der experimentellen Validierung.

ST 7.3 Di 11:50 D

CT calibration for Heavy-ion treatment planning at the DKFZ — ●SIMA QAMHIYE¹, MALTE ELLERBROCK¹, DIETER SCHARDT², and OLIVER JÄKEL¹ — ¹German Cancer Research Center (DKFZ) - Heidelberg — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) - Darmstadt

The uncertainty of ion-range in Carbon-therapy is mainly related to the electron density of the irradiated tissues. CT-numbers (HU) are the only indication to electron density with reasonable spatial resolution. Therefore, a calibration between ion range and HU is required to accurately calculate Carbon-range in tissue. The empirical calibration currently used for treatment planning at the GSI facility allows spatial accuracy up to 2-3 mm of Carbon range in head or neck tumors. In this work, the CT-calibration techniques currently used in the DKFZ to obtain a HU- ion range empirical calibration is presented. Gammex electron density substitutes and fresh tissue were cleaned and stacked in Plexiglas containers for both water equivalent path length (WEPL) and CT measurements. substitute measurements were used to obtain the empirical calibration curve of the CT in question while tissue measurements were used to estimate the quality of the calibration curve and the dependent range calculation. Substitutes used for CT-calibration should be carefully chosen but tissue measurements should be used to check the accuracy of empirical calibration. Tissue measurements show a good agreement with the calibration curves developed for different CT machines, maximum deviation 5%.

ST 7.4 Di 12:00 D

Calculation of Stopping Power Ratios for heavy ion dosimetry — ●OKSANA GEITHNER¹, OLIVER JÄKEL¹, NIKOLAI SOBOLEVSKY², PEDRO ANDREO³, and GÜNTHER HARTMANN¹ — ¹Department of Medical Physics, German Cancer Research Center (DKFZ), 69120 Heidelberg, Germany — ²Department of Neutron Research, Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences, 117312 Moscow, Russia — ³Division of Human Health, International Atomic Energy Agency, A-1400 Vienna, Austria

Water-to-air stopping power ratio calculations for clinical carbon ion beams of initial energies from 50 to 450 MeV/n have been performed using the Monte Carlo technique. To simulate the transport of a particle in water the computer code SHIELD-HIT v2 was used. In this most recent version of the code a number of modifications were implemented. The predecessor code SHIELD-HIT v1 was completely rewritten replacing formerly used single precision variables with double precision variables. The lower limit of the particles transport energy was reduced from 1 MeV/n down to 10 keV/n. For this purpose, the Bethe-Bloch formula was modified for lower energies. MSTAR and ICRU73 data for the stopping power values were included. The fragmentation model was verified and its parameters were adjusted. The presented version SHIELD-HIT v2 shows excellent agreement with experimental data. Calculations with the most recent version of SHIELD-HIT yielded input data for the calculation of stopping power ratios. The uncertainty of the stopping power ratio has been decreased to 0.5% compared to the uncertainty of 2% given in TRS-398.

ST 7.5 Di 12:10 D

Optimization of biological effects in intensity modulated radiotherapy with charged particle beams — ●JAN WILKENS and UWE OELFKE — German Cancer Research Center (DKFZ), Department of Medical Physics in Radiation Oncology, Im Neuenheimer Feld 280, D-69120 Heidelberg

In tumour therapy with charged particle beams, the biological effect is not determined by the physical dose alone. The relative biological effectiveness (RBE) varies three-dimensionally in space due to different local particle spectra. For protons, these RBE variations are often disregarded in treatment planning, while they become essential for heavier ions. We investigate the potential impact of a variable RBE for scanning techniques in intensity modulated radiotherapy with particle beams and present strategies to include RBE variations into the inverse planning process.

The first approach is to employ the dose-averaged linear energy transfer (LET) to characterize the radiation field. In the optimization, LET constraints can be added to the conventional dose-based objective function to aim for homogeneous dose and LET in the planning target volume, while avoiding high values of dose or LET in organs at risk. A second, more general method is the direct optimization of the biological effect (i.e. RBE times dose) by using time-efficient models for the RBE to allow for simultaneous multifield optimization of the biological effect in a reasonable time. We demonstrate the successful application of these strategies for protons, and report on the ongoing extension to heavier ions like carbon.

ST 7.6 Di 12:20 D

Aufbau eines 2D-Systems zur biologischen Dosimetrie — ●CLÄRE VON NEUBECK — GSI Biophysik, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt

Die Tumortherapie mit Kohlenstoffionen an der GSI setzt Modellrechnungen für die Bestrahlungsplanung ein, die eine Vorhersage über die Dosisverteilung und das Zellüberleben im Zielvolumen erstellen. Die Abhängigkeit der relativen biologischen Wirksamkeit (RBE) von der Energie und dem linearen Energie Transfer (LET) des Ions sowie das Reparaturvermögen der Zelle muss für jeden Punkt in die Planung integriert werden. Für die biologische Verifikation der Bestrahlungsplanung wurde ein Kopfphantom mit zweidimensionaler Auflösung in x,z-Richtung und einer Ortsauflösung von 3 mm entwickelt. Die CHO-K1-Zellen (Chinesische hamster ovary) wuchsen als Monolayer auf Halterungen, die in mehreren Schritten konditioniert wurden. Für die Bestrahlung mit Kohlenstoffionen wurde ein zylindrisches Gefäß, ähnlich dem aus früheren Publikationen [1] verwendet. Das Zellüberleben wurde mittels colony forming

assay ermittelt und mit den Berechnungen der Bestrahlungsplanung verglichen. Röntgenstrahlen mit 250 kV Beschleunigungsspannung dienen als Vergleich.

Referenz: [1] A. Mitaroff et al, Radiat Environ Biophys (1998) 37:47-51

ST 7.7 Di 12:30 D

Synthetic diamonds for heavy-ion therapy dosimetry — •MONIKA REBISZ, ELENI BERDERMANN, ANDREAS HEINZ, MICHAŁ POMORSKI, and BERND VOSS — Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Planckstraße 1, D-64291 Darmstadt, Germany

In this paper we report on results obtained using Chemical-Vapor-Deposition (CVD) diamond detectors irradiated with heavily ionizing particles. At the heavy-ion therapy facility of GSI Darmstadt, the carbon pencil beam with spot sizes between 4 to 10 mm (FWHM), and fluencies of $10E6$ - $10E8$ ions/second were used. For initial energies from 80 up to 430 MeV/u the detectors were operated in transmission mode. Experiments at the UNILAC facility of GSI were carried out with ions from ^{12}C up to ^{238}U , fluencies between $10E4$ and $10E5$ ions/second/mm² and a maximum size of the beam of 45 mm in diameter. With initial energies of 11.4 MeV/u the particles were stopped in the active detector volume. Two types of electronics were used to process the signals obtained from the diamonds. Fast amplifiers with a bandwidth of 2.2 GHz and 50 Ω impedance together with a 300 MHz Phillips discriminator served to count the number of impinging particles. Alternatively, an electronic based on a specially designed ASIC integrated the current signals from the detectors.

The Thermoluminescence (TL) response of synthetic-diamond dosimeters to heavily ionizing particles has also been studied. A discussion of the results from the passive radiation-detection and dose verification is given.

ST 7.8 Di 12:40 D

Experimental and theoretical study of the neutron dose produced by carbon therapy beams — •HIROSHI IWASE, EMMA HAETTNER, DIETER SCHARDT, MICHAEL KRAEMER, and GERHARD KRAFT — Biophysik, GSI, Planckstr. 1, 64291 Darmstadt

High-energy ^{12}C ions offer favorable conditions for the treatment of deep-seated local tumor. Several facilities for the heavy ion therapy are planned or under construction, for example the new clinical ion-therapy unit HIT at the Radiological University Clinics in Heidelberg.

For the purpose to provide further reliable models for the treatment planning, it is essential to evaluate the secondary fragment production and to include these contributions to the therapy dose with higher accuracy than those of the existing treatment planning systems.

Secondary neutrons are most abundantly produced in the reactions between ^{12}C beams and tissues. The dose contribution to tissues by a neutron is fairly small compared to ones of the projectile and the other charged fragments due to no ionization and small reaction cross-sections, however it distributes in a considerably wider region beyond the bragg-peak because of the strong penetrability.

Systematic data on energy spectra and doses of secondary neutrons produced by ^{12}C beams using water targets of different thicknesses for various detection angles have therefore been measured in this study at GSI Darmstadt. The measured data are compared with theoretical pre-

dictions by the heavy ion Monte-Carlo code PHITS. The use of the measured and calculated data is discussed for improving databases of secondary fragments for treatment planning.

ST 7.9 Di 12:50 D

Experimental fragmentation studies with ^{12}C therapy beams — •EMMA HAETTNER, HIROSHI IWASE, and DIETER SCHARDT — Biophysik, GSI, Planckstr. 1, 64291 Darmstadt

For heavy ion therapy the effect of nuclear fragmentation is of particular importance as it affects the depth-dose profile and results in a complex radiation field. The primary particle beam is attenuated exponentially with increasing depth and the build-up of lighter fragments gives rise to a dose tail behind the Bragg peak.

Using 200 MeV/u and 400 MeV/u ^{12}C beams delivered by the heavy ion synchrotron SIS-18 we investigated the fragmentation characteristics of these beams in a water absorber of variable thickness. The data include depth-dose profiles, attenuation of the primary ions and build-up of charged fragments as a function of depth. For the ^{12}C beam attenuation measurements a telescope detector positioned close to the target exit provided energy loss and total energy information. It was found that approximately 70% of the 200 MeV/u and 30% of the 400 MeV/u primary ^{12}C ions reached the Bragg peak. In addition, angular distributions for charged fragments were measured with the 400 MeV/u beam at various water depths. Particles were identified by coincident recording of time-of-flight and energy loss signals. The measurements were performed at angles from -1° to 10° in steps of 0.5° to 2° . The amount of fragments spread forward in a cone with an opening angle of 20° was obtained by integration of the angular distributions.

ST 7.10 Di 13:00 D

Production of secondary from patients during therapy with C-ions; their dose contributions and potential risks — •ANWAR CHAUDHRI — Inst. of Medical Physics, Klinikum-Nuernberg & PCSIR, Lahore, Pakistan

During therapy with C-ions a large number of neutrons are produced in patients* tissues which have the potential to induce new cancers. There is no information in the literature on the fluence, energy distributions and doses due to these neutrons. By using neutron out-put data from different elements we have shown that for every C-ion 4.3,1.4 and 0.3 neutrons are produced from patients at incident energies of 400, 300, 200 and 100 MeV / u, respectively. For a physical treatment C-ion dose of 20 Gy in the Bragg Peak, the total number of secondary neutrons produced in patients are $1.6 \times 10^9 / \text{cm}^2$, $7.3 \times 10^8 / \text{cm}^2$, $2.5 \times 10^8 / \text{cm}^2$ and $4.1 \times 10^7 / \text{cm}^2$ respectively at carbon-ions energies of 400, 300, 200 and 100 MeV/u. These approximately correspond to effective whole body doses of around 950, 120 and 19 mSv cm^2 respectively at C-ions energies of 400, 200 and 100 MeV/u, and doses to various organs which could be as much as over 200 mGy cm^2 at 400 MeV/u energies of C-ions. In our opinion the large number of secondary neutrons produced from patients during therapy with C-ions, and their corresponding doses, indicate they could have real potential to cause new primary cancers and cause other harmful side-effects in patients. It is therefore strongly recommended that serious and careful considerations should be given before deciding to treat patients with C-ions, especially children, younger people and those who still have many years to live.

ST 8 Therapeutische Optionen

Zeit: Dienstag 14:00–14:30

Raum: D

Hauptvortrag

ST 8.1 Di 14:00 D

Therapeutische Optionen in der Onkologie — •ANDREAS BOCKISCH, KATIA BRANDT-MAINZ, LUTZ FREUDENBERG und RAINER GÖRGES — Universitätsklinikum Essen, Nuklearmedizin

Bösartige Tumorzellen unterscheiden sich von den gesunden meist nur in einem sehr geringen Maß. Verschiedene Ursachen führen zur malignen Entartung, die wiederum unterschiedliche Veränderung der Zellstruktur bzw. des Stoffwechsels nach sich zieht. Die individuell richtige Therapie muß aus einem breiten Spektrum therapeutischer Möglichkeiten ausgewählt werden. Dafür ist eine möglichst präzise, nicht-invasive Charak-

terisierung des Tumors erforderlich. Für die Diagnostik stehen verschiedene morphologie-basierte sowie nuklearmedizinische Verfahren zur biologischen Charakterisierung der Tumoren auf zellulärer Ebene zur Verfügung. Die möglichen Therapieprinzipien: Operation, perkutane Strahlentherapie, Radionuklid-Strahlentherapie und medikamentöse Therapie werden vorgestellt. Letztere ist heute sehr vielfältig und umfaßt zytotoxische oder zytostatische Chemotherapie, hormonelle oder antihormonelle Behandlung, Beeinflussung der Signaltransduktion oder Rezeptorstimulation bzw. *blockade. Die Gentherapie ist heute noch im experimentellen Bereich angesiedelt. Die Prinzipien dieser Therapien werden vorgestellt und im klinischen Kontext erläutert.

ST 9 PET und CT

Zeit: Dienstag 14:30–16:00

Raum: D

Hauptvortrag

ST 9.1 Di 14:30 D

Multi-modale Bildfusion in der onkologischen Therapie —
•THOMAS BEYER — thomas.beyer@uni-essen.de

Anatomische und funktionelle Bildinformation (z.B. CT und PET) kann durch retrospektive Bildregistrierung oder prospektive multi-modale Bildgebung (z.B. PET/CT) fusioniert werden. In den fusionierten Bildern können funktionelle bzw. metabolische Aspekte direkt anatomisch lokalisiert und deren räumliche Ausdehnung bestimmt werden. Die Kombination komplementärer Bildgebungstechniken in einem Gerät bietet gegenüber der retrospektiven Registrierung separater Untersuchungen eine Anzahl von Vorteilen, die insbesondere in der onkologischen Diagnostik, Therapieplanung und *verlaufskontrolle zum Tragen kommen. In diesem Beitrag werden die folgenden Punkte thematisiert: 1, Vorteile einer Hardwarefusion gegenüber Softwarefusion in der klinischen Onkologie 2, Anatomisch-basierte Schwächungskorrektur als integraler Bestandteil einer Hardwarekombination aus PET bzw. SPECT und CT 3, Bildgebung mit alternativen Tracern zur biologischen Tumorarealbestimmung (z.B. selektive Stoffwechselprozesse, Hypoxie) 4, Neue Ansätze zur Darstellung fusionierter Bilddaten 5, Technologische Implementierung der PET/CT in die Bestrahlungsplanung 6, Neue Ansätze zur longitudinalen Verlaufskontrolle mit multi-modaler Bildgebung

Hauptvortrag

ST 9.2 Di 14:50 D

Molecular Radiation Treatment Planning (MRTP) using receptor PET/CT - implications for radiopeptide therapy —

•RICHARD P. BAUM and CHRISTIANE WEHRMANN — Zentralklinik Bad Berka, Dept. of Nuclear Medicine, Center for P.E.T., 99437 Bad Berka, Germany

Peptide receptor radionuclide therapy (PRRT) is used in our department since 6 years (approx. 750 applications) for the treatment of patients with metastatic neuroendocrine tumors. We introduced Ga-68 DOTA-NOC PET/CT for defining the receptor status of these patients in July 2004 and have performed over 800 receptor PET/CT studies before and after therapy up to now. Of all known peptides, the somatostatin analogue DOTA-NOC shows in vitro the highest affinity to somatostatin receptors (sstr) 3 and 5. Using PET/CT and the Ga-68 labeled octapeptide DOTA-NOC, standardized uptake values (SUV) of the tumor as well as the molecular tumor volume (MTV) can be calculated. The molecular tumor index (MTI) is defined as the product of SUV x MTV. SUV and MTI can be used to measure tumor response after peptide receptor therapy. Using a prospective database, we are now able to calculate the relation between tumor doses achieved during PRRT (using the Lu-177 or Y-90 labeled peptides) and the relation to the molecular tumor index (MTI) as obtained by receptor PET/CT before the treatment. In future, we are planning to perform full pre-therapeutic organ and tumor dosimetry using receptor PET/CT and longer lived positron emitters (e.g. Sc-44 Y-86 or Cu-64) coupled to the peptides used for therapy.

ST 9.3 Di 15:10 D

New developments in detectors for in-beam PET —•P. CRESPO¹, T. BARTHEL², M. KAPUSTA³, K. HEIDEL¹, M. MOSZYŃSKI⁴, J. PAWELKE¹, and W. ENGHARDT^{1,5} —
¹Forschungszentrum Rossendorf, Institute of Nuclear and Hadron Physics, Dresden, Germany — ²Klinikum Chemnitz gGmbH, Klinik für Radioonkologie, Chemnitz, Germany — ³Gamma Medica-Ideas, Fornebu, Norway — ⁴Soltan Institute for Nuclear Studies, Otwock-Swierk, Poland — ⁵Zentrum für Innovationskompetenz, ZIK OncoRay, Dresden, Germany

State-of-the-art technology has outperformed the efficiency of the positron emission tomograph installed at the Gesellschaft für Schwerionenforschung for monitoring, in-beam, ion radiation therapy. In addition, the special requirements of in-beam PET have been better understood. We explain these special requisites and present dedicated in-beam PET readout solutions, either tested in-beam or under development. Experimental results obtained with two multi-pixel, gamma-ray detectors consisting of lutetium oxyorthosilicate (LSO) coupled to avalanche photodiode arrays (APDA) show that this detector provides a good solution for improved, next-generation in-beam PET scanners. Nevertheless, we extrapolate recent detector and scintillator developments, enabling sub-nanosecond coincidence time resolution (τ), onto a possible in-beam time-of-flight (TOF) PET scanner. We show that $\tau < 200$ ps full width

at half maximum allows: (1) images to be shown to the radiooncologist in real-time, (2) artifact-free images to be obtained from dual-head tomographs, (3) an absolute quantification of image intensity and (4) to obtain optimum PET images corrected from biological washout mechanisms.

ST 9.4 Di 15:20 D

In-beam PET für die Qualitätssicherung der Ionentherapie - Möglichkeiten und Grenzen — •WOLFGANG ENGHARDT¹, PAULO CRESPO², FINE FIEDLER², DANIELA MÖCKEL², JÖRG PAWELKE² und GEORGY SHAKIRIN² — ¹TU Dresden, Medizinische Fakultät — ²FZ Rossendorf, Dresden, Institut für Kern- und Hadronenphysik

Bei der Radiotherapie von Tumoren erlauben Ionenstrahlen auf Grund ihrer physikalischen und biologischen Eigenschaften ein höheres Maß an Präzision und Wirksamkeit als die konventionellen Strahlenmodalitäten, Photonen und Elektronen. Ein in-situ Monitoring der Dosisapplikation ist deshalb für die Qualitätssicherung der Ionentherapie im hohen Maße wünschenswert. Das einzige gegenwärtig bekannte, dafür geeignete Verfahren ist die in-beam Positronen Emissions Tomographie (PET). Dabei werden während der Tumorbestrahlung Annihilationsereignisse registriert, die in Folge des Zerfalls von Positronenemittern auftreten, welche durch nukleare Wechselwirkung zwischen den Projektilen des Therapiestrahls und den Atomkernen des Gewebes erzeugt werden. In die experimentelle Ionentherapie-Anlage an der Gesellschaft für Schwerionenforschung Darmstadt wurde ein in-beam PET-Scanner integriert und die Methode erstmalig klinisch angewendet. An dieser Anlage wurden seit 1997 etwa 300 Patienten, vornehmlich mit strahlenresistenten Tumoren in komplizierten anatomischen Positionen im Kopf-Hals-Bereich, mit Kohlenstoff-Ionenstrahlen behandelt. Alle Bestrahlungen wurden mit Hilfe von in-beam PET kontrolliert. Die nunmehr vorliegenden Erfahrungen erlauben gesicherte Aussagen zum Potenzial der in-beam PET für die Qualitätssicherung der Ionentherapie.

ST 9.5 Di 15:30 D

Der Washout der Positronenemitter bei in-beam PET —•FINE FIEDLER¹, MARLEN SELLESK² und WOLFGANG ENGHARDT³ —
¹Institut für Kern- und Hadronenphysik, FZ Rossendorf — ²TU Bergakademie Freiberg — ³Medizinische Fakultät, TU Dresden

In-beam PET wird am experimentellen Schwerionentherapieplatz an der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) Darmstadt bereits erfolgreich eingesetzt. Durch Vergleich der simulierten Positronenemitterverteilung mit der gemessenen sind Aussagen zur Reichweite des Kohlenstoffstrahls möglich, es können anatomische Veränderungen detektiert werden und die Feldlage kann beurteilt werden. In der Simulation werden alle Prozesse von der Erzeugung der Positronenemitter bis zum Nachweis der Photonen im Detektor behandelt. Im lebenden Gewebe jedoch nehmen die Positronenemitter an metabolischen Vorgängen teil. Es kommt zum Transport und der Annihilationsort kann vom Erzeugungsort verschieden sein. Durch Auswertung von Messungen an Patienten kann eine effektive Halbwertszeit bestimmt werden, die sich aus der physikalischen und der biologischen Halbwertszeit zusammensetzt. Die physikalische Halbwertszeit wird nur durch die Stöchiometrie des Gewebes und die Bestrahlungsdauer determiniert. Die biologische Halbwertszeit unterliegt dagegen vielfältigen Einflüssen, die in der vorliegenden Arbeit untersucht wurden. Die Berücksichtigung der effektiven Halbwertszeiten verbessert die Simulation.

ST 9.6 Di 15:40 D

Erste Experimente zu in-beam PET mit harter Photonenstrahlung —•DANIELA MÖCKEL¹, JÖRG PAWELKE¹, MARIAN SOMMER², EDMUND WILL³ und WOLFGANG ENGHARDT⁴ —
¹Institut für Kern- und Hadronenphysik, Forschungszentrum Rossendorf — ²Institut für Kern- und Teilchenphysik, TU Dresden — ³Institut für Bioorganische und Radiopharmazeutische Chemie, Forschungszentrum Rossendorf — ⁴Medizinische Fakultät, TU Dresden

In-beam PET als eine Möglichkeit zur Qualitätssicherung für die Bestrahlung hat sich bereits in der Therapie mit Schwerionen bewährt. Da die Strahlentherapie mit Photonenstrahlung auch auf Photonen hoher Energien (größer 20 MeV) ausgeweitet wird, könnte in-beam PET dabei eingesetzt werden. Erste Experimente dazu wurden am Beschleuniger ELBE im Forschungszentrum Rossendorf durchgeführt. Durch Auftreffen der Elektronen ($I = 80 \mu\text{A}$) auf ein Aluminium-Target wurde Bremsstrahlung erzeugt und sowohl homogene PMMA-, als auch inho-

mogene gewebeäquivalente Phantome bestrahlt. Nach Ende der Bestrahlung wurde die Verteilung der im Phantom erzeugten Positronenemitter in einem PET-Scanner (Siemens ECAT EXACT HR+) ausgemessen. Die im Phantom applizierte Dosis wurde mittels optisch stimulierter Lumineszenzdosimeter (BeO) ermittelt. In insgesamt 16 Experimenten konnten die Abhängigkeiten der erzeugten Aktivität von der Elektronenenergie ($E = 21 \dots 34$ MeV), der Dosis ($D = 1 \dots 10$ Gy), der Kollimation des Photonenstrahls, sowie des Phantommaterials untersucht werden. Die Experimente und die Ergebnisse für Produktionsrate und dosisbezogene Aktivitätskonzentration werden vorgestellt.

ST 9.7 Di 15:50 D

Aufbau eines Versuchsplatzes für die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) — ●THOMAS WÜRSCHIG¹ und PROF. DR. WOLFGANG ENGHARDT² — ¹Forschungszentrum Rossendorf e.V., Postfach 510119, 01314 Dresden, Germany — ²Technische Universität Dresden, Universitätsklinikum C.G. Carus, ZIK OncoRay, Fetscherstr. 74, PF 58, 01307 Dresden, Germany

Es wird ein PET-Scanner vorgestellt, der im Rahmen einer Diplomarbeit realisiert wurde und für die Ausbildung von Studenten eingesetzt werden soll. Ziel ist die anschauliche Vermittlung der Grundlagen der PET.

Zur Messung werden zwei Blockdetektoren (ECAT EXACT) verwendet. Diese können sowohl linear bewegt wie auch um den Mittelpunkt der Projektionsebene gedreht werden. Die Intensitätsprofile werden für alle Projektionswinkel durch eine kontinuierliche Datenerfassung während der linearen Verfahrerbewegung gemessen. Nach jeder Linearbewegung werden die aktualisierten Darstellungen der Projektion, des Sinogramms sowie der gefilterten und ungefilterten Rückprojektion aus den bereits vorliegenden Daten auf dem Bildschirm ausgegeben. Damit kann der Aufbau des rekonstruierten Bildes mit dem Verfahren der gefilterten Rückprojektion während der Messung mitverfolgt werden.

Die technische Realisierung der wesentlichen Funktionseinheiten des Ausbildungsscanners (Detektorbewegungssystem, Signalverarbeitung, Datenerfassung und tomographische Rekonstruktion) werden erläutert, Messergebnisse zu wesentlichen, die Bildqualität bestimmenden Parametern sowie erste Ergebnisse der Bildgebung vorgestellt.

ST 10 Poster

Zeit: Dienstag 16:00–16:30

Raum: C

ST 10.1 Di 16:00 C

Kameragestützte Überprüfung geometrischer Qualitätsmerkmale strahlentherapeutischer Einrichtungen — ●EUGEN KARA^{1,2}, JÖRG LICHER¹, ULLA RAMM¹, JUSSI MOOG¹, CHRISTIAN SCHERF¹, WILFRED BERNHARD² und HEINZ-DIETRICH BÖTTCHER¹ — ¹Klinik für Strahlentherapie und Onkologie, Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt / Main — ²Fachbereich Physikalische Technik, Fachhochschule Wiesbaden

Ziele: Für den Betrieb strahlentherapeutischer Einrichtungen fordert der Gesetzgeber eine Vielzahl von Qualitätskontrollen. Diese Kontrollen sind mit zum Teil hohem Personal- und Zeitaufwand verbunden. Im Rahmen dieser Arbeit soll geprüft werden, in wie weit durch den Einsatz kameragestützter Überprüfungen die Kontrolle geometrischer Qualitätsmerkmale effizienter durchgeführt werden kann.

Material und Methoden: Unter Verwendung einfacher Webkameras wird unter der Entwicklungsumgebung Matlab ein Paket von Anwendungen entwickelt. Mit den Anwendungen ist es möglich, geometrische Qualitätsmerkmale wie z.B. die Feldgröße, die Lage der Rotationsachsen etc. winkelabhängig zu bestimmen und zu protokollieren.

Ergebnisse: Die kameragestützte Überprüfung von geometrischen Qualitätsmerkmalen ermöglicht eine deutliche Reduzierung des Personal- und Zeitaufwands bei der Erfüllung der gesetzlich geforderten Qualitätskontrollen in der Strahlentherapie.

ST 10.2 Di 16:00 C

Verifikation der VMC Elektronen-Planungsoption von Oncentra MasterPlan — ●CHRISTIAN SCHERF¹, JOSEF SCHERER² und LUDWIG BOGNER² — ¹ZRAD - Strahlentherapie, Klinikum der Goethe-Universität, 60590 Frankfurt am Main — ²Strahlentherapie, Uniklinikum Regensburg, 93042 Regensburg

Zur Verifizierung der VMC++ Elektronen-Planungsoption von Oncentra MasterPlan wurden absolute und relative Dosismessungen mit einer Roos-Kammer und einem Diamant-Detektor im Wasserphantom durchgeführt. Es wurden rechteckige Tuben bis 25×25 cm² bei Energien zwischen 6 MeV und 21 MeV untersucht.

Berechnete Zentralstrahlendosen in Maximumtiefe stimmen in der Regel innerhalb von $\pm 2\%$ mit den Messwerten überein, wenn mit Standardbedingungen (10000 Elektronenschicksale cm⁻², Voxelgröße $5 \times 10 \times 5$ mm³) gerechnet wird. Der 25×25 cm² Tubus erfordert eine höhere Rechenstatistik. Standard-Öffnungen und individuelle MCP96-Einsätze werden gleichermaßen genau berechnet.

Die Tiefendosiskurven stimmen in der Umgebung der Dosismaxima am besten überein. In geringen Tiefen treten energieabhängige Abweichungen bis zu 5% nach oben (6-9 MeV) oder unten (ab 15 MeV) auf. In den abfallenden Flanken liegen die Rechnungen bei allen Energien leicht über den gemessenen Werten. Oberflächennahe Längs- und Querprofile weisen ab 15 MeV entlang der Feldgrenzen etwas zu flache Dosisgradienten auf. Alle beobachteten Abweichungen sind in der klinischen Anwendung unbedenklich.

ST 10.3 Di 16:00 C

Chernobyl Impact on the Middle East — ●AHMED QWASMEH and HELMUT FISCHER — IUP- Institute for Environmental Physics, Landesmessstelle für Radioaktivität Bremen University, Germany

As a consequence of nuclear probes and nuclear accidents (the largest one was Chernobyl at 1986) an amount of about 85 PBq of Cs-137 was ejected into the atmosphere from where it was deposited on the soil. After the Chernobyl accident in 1986, large-scale contamination occurred in Europe and some other parts of the northern hemisphere. Whilst deposition and radioecological behaviour of the Chernobyl fallout is quite well documented in central and eastern Europe, information about the middle east, though affected as well, is scarce. Some research has been done and published about artificial radioactivity in Jordan, Syria and Egypt. In order to obtain more detailed information, we brought two sets of soil samples from Jordan, the first in April 2004 and the second in July 2005. The first set has been analyzed and the second set analysis is still in progress. In this contribution we will compare the impact of Chernobyl on these three countries and investigate the correlation of Cs-137 concentrations in soil with the amount of rainfall and altitudes of the sampling sites. The depth distribution of Cs-137 in soil will be analyzed and, with additional information from Sr-90 data, the contributions from global and Chernobyl fallout will be discriminated.

ST 11 Verbesserung der Bestrahlungsplanung

Zeit: Dienstag 16:30–18:30

Raum: D

Hauptvortrag

ST 11.1 Di 16:30 D

Ein neues Konzept für die bild- und dosis- geführte Strahlentherapie — ●BERND-MICHAEL HESSE, SIMEON NILL, THOMAS TÜCKING und UWE OELFKE — DKFZ, Abt. Med. Physik, D-69120 Heidelberg

Voraussetzung für eine moderne adaptive Strahlentherapie ist die Möglichkeit einer bildgeführten und Strahlenapplikation. Hierzu haben wir in jüngster Zeit die Integration einer Röntgenröhre und eines Flat-Panel Detektors an ein Therapiegerät in einer neuartigen Konfiguration vorgeschlagen [1]. Das neuartige in diesem Konzept besteht darin, dass

die Röntgenröhre gegenüber der Therapiestrahlenquelle angeordnet ist und der FP-Detektor sich am Kopf des Beschleunigers, an der Strahleneintrittsseite vor dem Patienten befindet. Hiermit kann durch Rotieren der Gantry ein Kegelstrahl-CT des Patienten in Bestrahlungssituation erstellt und zur Lagerungskontrolle verwendet werden. Andererseits wird aber auch die Möglichkeit geboten mittels fluoroskopischen Sequenzen quasi zeitgleich mit der Applikation des Therapiestrahls mögliche relevante Bewegungen des Zielgebietes zu erfassen und gegebenenfalls durch nachführen des Patienten oder durch Triggerung des Beschleunigers dar-

auf zu reagieren. Weiterhin kann mit dem Detektor während der Bestrahlung die Eingangsfluenz gemessen werden. Aus diesen Messdaten lässt sich, nach entsprechender Aufbereitung, die applizierte Dosisverteilung mit einer hohen Genauigkeit dreidimensional rekonstruieren. Erste Ergebnisse in der klinischen Anwendung sollen präsentiert werden. [1] Hesse, Bernd M., Device for performing and verifying a therapeutic treatment and corresponding program and control method WO 03/076016 A1, 2003

ST 11.2 Di 17:00 D

Bildgestützte Strahlentherapie am DKFZ — ●THOMAS TÜCKING, SIMEON NILL, BERND HESSE und UWE OELFKE — Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg

Um die Methoden der hochpräzisen Photonenstrahlentherapie effektiv zur Tumorkontrolle bei gleichzeitig bestmöglicher Schonung angrenzender Organe nutzen zu können, ist eine exakte Lagerung des Patienten ebenso wie die genaue anatomische Kenntnis der durchstrahlten Körperregion notwendig. Meist liegen jedoch lediglich vor Therapiebeginn erzeugte CT-Datensätze vor. Da die Behandlungsdosis i.d.R. auf mehrere Termine fraktioniert wird, muss ebenso oft eine präzise Lagerung durchgeführt werden, und es können, speziell bei Läsionen im Abdomen, Organbewegungen oder -verformungen auftreten, deren Berücksichtigung den Behandlungserfolg begünstigt. Der Linearbeschleuniger wurde daher mit einer kV-Röntgenröhre an der gegenüberliegenden Seite des Strahlaustritts aufgerüstet und ein Flächendetektor direkt unterhalb des Kollimators installiert, so dass damit der aus dem Patienten austretende bildgebende kV-Röntgenstrahl und der dem Patienten applizierte Therapiestrahler detektiert wird. Dies ermöglicht verschiedene kV-Bildgebungsverfahren wie Kegelstrahl-CT und Fluoroskopie am Patienten in Bestrahlungsposition. Es wurden in verschiedenen Patientenanwendungen Kegelstrahl CTs zur Lagerungskontrolle erzeugt und damit gegenüber konventionellen Lagerungsmethoden unter Verwendung des Therapiestrahlers erhebliche Dosisersparungen für die Patienten erzielt und zusätzlich 3D-Informationen in sehr guter Orts- und Kontrastauflösung von der aktuellen Patientenanatomie gewonnen.

ST 11.3 Di 17:10 D

Probabilistic treatment planning to incorporate organ motion into IMRT optimization — ●JAN UNKELBACH and UWE OELFKE — Department of Medical Physics in Radiation Oncology, German Cancer Research Center (DKFZ), Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg, Germany

We present an off-line approach to incorporate organ motion into the treatment plan optimization for fractionated intensity modulated radiotherapy (IMRT). Organ movements are described in terms of a mathematical model that represents the basis of the treatment plan optimization process. The motion model contains random variables in order to describe the stochastic nature of organ movements. As a consequence, the predicted dose distribution in the patient has to be considered as a random variable as well. It is characterized by an expectation value of the dose and its variance. For treatment plan optimization incorporating the motion model, the expectation value of a quadratic cost function is minimized, which can be expressed as the sum of the variance of the dose and the quadratic difference of expected and prescribed dose. The resulting treatment plans show a reduction of the dose in regions where tumor tissue is located only rarely. This is compensated for by delivering a higher dose to neighboring regions that are mostly occupied by tumor tissue. Due to the organ movements during the course of treatment, a widely homogeneous cumulative dose distribution is delivered to the tumor. The method potentially allows for a better sparing of healthy tissues from dose burdens compared to the standard safety margin approach.

ST 11.4 Di 17:20 D

Time resolved patient imaging in treatment position — ●SIRI JETTER, LARS DIETRICH, THOMAS TÜCKING, SIMEON NILL, BERND HESSE, and UWE OELFKE — Department of Medical Physics, DKFZ Heidelberg, Germany

To investigate the correlation between diagnostic time resolved computer tomography (4D CT) data and 4D cone beam CT (CBCT) data for breathing motion we developed a method for the acquisition and reconstruction of 4D CBCT data. Our cone beam imaging system, integrated into a treatment machine allows for the acquisition of images of the patient in treatment position. The breathing phase is monitored with a respiratory gating system (RGS) based on a pressure sensor in a fixation belt positioned on the patient's abdomen. To evaluate the correlation between breathing signal and inner organ motion the position of the di-

aphragm is compared to the output of the RGS. For different breathing phases cone beam CT images are reconstructed and compared to the images obtained with a diagnostic 4D-CT scanner. We show that external signal and the movement of the diaphragm correlate closely in amplitude and phase. Comparison of 4D CBCT images with corresponding diagnostic 4D CT data allows for a repositioning of the patient in spite of respiratory movement. Furthermore inner organ and tumor movements can be evaluated. These data are essential for the design of time adapted treatment strategies.

ST 11.5 Di 17:30 D

Klinische Anforderungen an die bildgesteuerte Bestrahlung — ●DANIEL ZIPS — Klinik für Strahlentherapie TU Dresden, OncoRay Zentrum für Innovationskompetenz Medizinische Strahlenforschung in der Onkologie, Fetscherstrasse 74, 01307 Dresden

Die Einbeziehung von 4D-Bildinformationen, die vor und während Therapie erzeugt werden, ist die Grundlage der adaptiven, bildgesteuerten Bestrahlung. Die Rationale ergibt sich aus der Lagevariabilität des Tumors während Strahlentherapie sowie aus der Notwendigkeit der Berücksichtigung anatomischer und funktioneller Tumoreigenschaften. Folgende Anforderungen sind aus klinischer Sicht an die bildgesteuerte Bestrahlung zu stellen: -hochauflösende anatomische Darstellung von Tumor und Normalgewebe -Einbeziehung funktioneller, strahlenbiologisch relevanter Informationen -exakte Beschreibung des Tumoraufenthaltsraumes -rasche Datenverarbeitung zur dynamischen Anpassung der Sicherheitsabstände -zeitnahe Kalkulationen der Dosisverteilung -systematische Verringerung der Sicherheitsabstände bei vollständiger Zielvolumenerfassung zur Dosissteigerung im Tumor bei gleicher oder verminderter Toxizität -individuell angepasste Protokolle zur Minimierung des Zeitaufwandes -systematische Datenerfassung zur Kosten/Nutzenanalyse

ST 11.6 Di 17:40 D

Assessment of a new Multileaf Collimator Concept using GEANT4 Monte Carlo simulations — ●MARTIN TACKE, HANITRA SZYMANOWSKI, and UWE OELFKE — Deutsches Krebsforschungszentrum, Im Neuenheimer Feld 280, D-69120 Heidelberg

The aim of the work was to investigate the dosimetric properties of a new multileaf collimator (MLC) concept with the help of Monte Carlo (MC) simulations prior to prototype production. The MC code Geant4 allows the implementation of new geometrical designs like the leaf packages which were imported with the help of CAD (Computer Aided Design) data. An experimentally validated phase space combined with a virtual Gaussian-shaped source model was employed to simulate a 6 MV therapy beam. First, transmission values for different tungsten alloys were extracted using the MC codes Geant4 and BEAMnrc and experimental measurements. High resolution simulations were performed to detect leakage. The 20%-80% penumbra was determined using $10 \times 10 \text{ cm}^2$ fields shifted along the center axes. The transmission values, determined as linear absorption coefficients for different sinter, showed a good agreement with experimental measurements. Simulations with varying widths of the radiation source showed its impact on leakage and penumbra: for widths of 2 mm and 4 mm, the interleaf leakage is below 0.3% and 0.75%. The results for penumbra ($4.7 \pm 0.5 \text{ mm}$) and leakage also agreed well with the measurements. As shown by this study, Geant4 is an appropriate tool for the dosimetric investigation of an MLC. The quantification of leakage, penumbra, and tongue-and-groove effect and an evaluation of the impact of different beam parameters was possible.

ST 11.7 Di 17:50 D

Linac based kV cone-beam CT for extended field-of-views — ●ANNETTE SEEGER, SIMEON NILL, THOMAS TÜCKING, and UWE OELFKE — Deutsches Krebsforschungszentrum, Medizinische Physik (E040), INF 280, 69120 Heidelberg

In our approach towards adaptive radiotherapy the patient anatomy is imaged directly prior to the treatment with a linac-integrated kV cone-beam CT system. The 3D-reconstruction field-of-view (FOV) is currently restricted to 26cm at isocenter due to the size of available flat panel imagers (FPIs). The acquisition of imaging data for larger patient volumes can be realised with a laterally shifted FPI. A Feldkamp-based reconstruction algorithm was modified to account for this asymmetric detector setup by a weighting operation on the projections prior to filtered back-projection.

Following successful simulations with synthetic projection data, experiments were performed with humanoid phantoms and special contrast phantoms, using different detector offsets corresponding to FOVs of up

to 48cm. The achieved image quality was analysed as a function of the detector offset and the distance from the central slice by comparison with images obtained from our normal cone-beam setup and from a diagnostic CT scanner.

The achievable FOV increase permits the use of the existing cone-beam CT system also for extra-cranial regions, retaining good image quality for structure matching and adaptive therapy planning.

ST 11.8 Di 18:00 D

Verification of Monte Carlo simulations of proton dose distributions in biological media — ●HANITRA SZYMANOWSKI, SIMEON NILL, and UWE OELFKE — DKFZ Heidelberg

Monte Carlo codes are a tool of choice for the validation of dose calculation for proton therapy, provided that the physics of particle transport in biological tissue is appropriately simulated. Hence a thorough validation of the performances of a Monte Carlo code using measured data or exact analytical predictions is needed prior to the use of the code as a benchmarking tool. Coulomb interactions have a predominant effect on the dose deposition pattern of protons used in radiotherapy. In this work we suggest a quantitative method to verify the ability of the Monte Carlo code GEANT4 at simulating Coulomb interactions of protons in water and in biological materials.

ST 11.9 Di 18:10 D

Towards risk adapted inverse planning for protons: Avoiding risks due to lateral tissue inhomogeneities — ●DANIEL PFLUGFELDER, JAN WILKENS, HANITRA SZYMANOWSKI, and UWE OELFKE — DKFZ Heidelberg

Treatment planning of intensity modulated radiotherapy with proton beams leads to a highly degenerated space of solutions. Due to the huge number of degrees of freedom it is possible to find many solutions which have a dose distribution equivalent to the optimal solution. We use this fact to search for plans which not only have an acceptable dose distribu-

tion, but are also safe to deliver. As a first risk factor we focused on lateral tissue inhomogeneities, and introduced a homogeneity number H to quantify these inhomogeneities for each beamspot. Additionally we calculate the dose calculation error of each beamspot by comparing the commonly used pencil beam algorithm to the gold standard, namely Monte Carlo simulations. A clear correlation between the dose calculation error and the homogeneity number can be seen. A correlation between H and the sensitivity of a beamspot to setup errors is also observed. Since H can be calculated very fast we conclude that it is a useful tool to rate individual beamspots. This information can be used to exclude or penalize potentially dangerous beamspots in the optimization, or simply to recalculate individual beamspots by a more accurate but computationally more demanding algorithm like finesampling of the pencil beam or Monte Carlo simulations.

ST 11.10 Di 18:20 D

Activation Products in Different Brands of Medical Linear Accelerators — ●BEN TABOT and HELMUT W. FISCHER — Universität Bremen, Landesmessstelle für Radioaktivität

A portable high resolution gamma spectrometer was used to determine radioisotopes generated in different brands of medical linear accelerators in the high energy photon mode under clinical irradiation scenarios. The results from the spectroscopic analysis were used to compute the "apparent" activity at the isocenter and the resulting dose rate. In all accelerators the same isotopes are dominating in terms of dose rate: Al-28 (2.3min), Cu-62 (9.7min), Mn-56 (2.6h), Cu-64 (12.7h) and W-187 (23.8h). The sum of the contributions of all isotopes was calculated from the data and compared to dose rate measurements obtained using a portable dose rate meter. Measured values range from 1.4 to 4.6 uSv/h 2min after beam off for a 400MU irradiation. Calculated values are lower, but show the same behaviour with time. The difference is attributed to beta radiation. Detailed results and conclusions for radiation protection of clinical and service staff will be presented.

ST 12 Biophysikalische Nanoskopie

Zeit: Mittwoch 10:00–12:10

Raum: D

Hauptvortrag

ST 12.1 Mi 10:00 D

Laseroptical Nanoscopy: New Tools for Single Cell Analysis — ●CHRISTOPH CREMER — Kirchhoff-Institut für Physik Universität Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 227, D-69120 Heidelberg

For analytical pathology, a serious problem for the extension of *large scale* and *mesoscale* fluorescence image analyses of cellular structures to cellular nanostructures is the light microscopical resolution conventionally limited to about 200 nm laterally and 600 nm axially. In recent years, various laseroptical *nanoscopy* approaches to overcome this impasse have been developed. In this overview, optical principles and application examples will be presented for: (1)Improvement of optical resolution by confocal laser scanning 4Pi-microscopy (limit of the present device at Kirchhoff-Institute about 100 nm axially using 2-Photon infrared excitation) and application to the analysis of membrane complexes and DNA replication factories. (2) Improvement of size resolution by Spatially Modulated Illumination (SMI) Microscopy (resolution of axial object extension down to few tens of nm using 1-Photon visible range laser excitation) and its application to the nanosizing of fluorescence labelled membrane complexes; of replication and transcription factories; and of specific gene domains. (3) Improvement of topological resolution by Spectral Precision Distance Microscopy of multispectrally labelled targets (3D distance resolution of few tens of nm) and its application in the analysis of specific gene domains.

ST 12.2 Mi 10:30 D

Computer modelling of nuclear structure allows accurate estimations of chromosome aberration frequencies — ●GREGOR KRETH — Kirchhoff Institut für Physik

The spatial organization of the genome in the interphase nucleus has far reaching consequences for radiation biophysics. For example, the existence of chromosome territories (CTs) and their spatial distribution in the human cell nucleus is expected to pose serious constraints on the induction of specific chromosome aberrations by ionizing radiation. E.g. various experiments revealed a non-random arrangement of CTs in human lymphocyte cell nuclei. Such a clearly non random organization of nuclear genome "macro" structure has raised the question to what extend this organization favors specific interchange aberration frequencies. The spatial proximity of certain CTs or even of clusters of CTs has to increase

the respective exchange yields significantly in comparison to a random association of CTs. Computer simulations of nuclear genome structure based on experimentally known general features allow to predict chromosome aberration yields induced by ionizing radiation. As an example, in this report computer simulated arrangements of CTs in human cell nuclei models ("1-Mbp Spherical Chromatin Domain Model") were assumed to calculate interchange frequencies between all heterologous CT pairs. For the positioning of CTs in the virtual nuclear volume, both a statistical and a gene density correlated arrangement was assumed. Under the assumption of an initial repair rate, the calculated absolute aberration frequencies were found to be in good agreement with an experimental study of Arsuaga et al. 2004.

ST 12.3 Mi 10:40 D

Fokussierte Fluoreszenzmarkierung von Genomregionen für die Mikroskopie — ●MICHAEL HAUSMANN¹, JUTTA SCHWARZFINSTERLE¹, STEFAN STEIN¹, EBERHARD SCHMITT² und CHRISTOPH CREMER¹ — ¹Kirchhoff-Institut für Physik, Universität Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 227, 69120 Heidelberg — ²Fritz-Lipmann-Institut, Beutenbergstr. 11, 07745 Jena

Für eine detaillierte Untersuchung der Strahlenwirkung ist es von Bedeutung, gezielt Genomregionen mikroskopisch zu analysieren, die als besonders strahlenempfindlich gelten oder die kausal mit der Entstehung von Tumoren korrelieren. Eine etablierte Fluoreszenzmarkierungsmethode solcher Genomregionen in Zellkernen stellt die Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) dar. Aufgrund molekularbiologischer Bedingungen bei der Herstellung markieren DNA FISH-Sonden allerdings nicht immer die gewünschte Markierungsstelle exakt oder vollständig deckungsgleich. Die kombinatorische Oligonukleotidmarkierung löst dieses Problem. Durch eine theoretische Bestimmung von kolokalisierenden Nanomarkern in der Humangenomdatenbank ist es möglich, ein auf ein Chromatintarget fokussiertes Sondenstet zu konfigurieren, das anschließend in Form von DNA- oder PNA-Sequenzen synthetisiert wird. Am Beispiel der abl und bcr Bruchpunktregionen wird diese neue Markierungstechnologie im Zusammenhang mit Anwendungen in der Fluoreszenzmikroskopie vorgestellt. Durch die hohe Flexibilität des Verfahrens geht das Anwendungspotential aber weit über die vorgestellten Beispiele hinaus.

ST 12.4 Mi 10:50 D

In-vivo Analysen nuklearer Nanostrukturen mittels hochauflösender Nanoskopie — ●JÜRGEN REYMANN¹, DAVID BADDELEY¹, CHRISTIAN CARL¹, WERNER STADTER², MARIETTE VAN DE CORPUT³, FRANK GROSVELD³, CHRISTOPH CREMER¹ und UDO BIRK¹ — ¹Kirchhoff Institut für Physik, Universität Heidelberg — ²Universität für angewandte Wissenschaften, Hamburg — ³Department of Cell Biology and Genetics, EMC Rotterdam

Das Spatially Modulated Illumination (SMI)-Mikroskop ist ein Weitfeld Fluoreszenz Mikroskop mit strukturierter Beleuchtung, bei dem zwei sich entgegengesetzt fortpflanzende Laserstrahlen, zu konstruktiver Interferenz gebracht werden und ein stehendes Wellenfeld ausbilden. Dieses lichtoptische Analyseverfahren für biologische Objekte erlaubt Größenbestimmungen in molekularen Dimensionen von einigen zehn Nanometern, die über die konventionelle lichtoptische Auflösungsgrenze hinausgehen. Quantitative Studien von nuklearen Nanostrukturen wie Protein-Komplexe, oder der Kompaktierung und Topologie von Gen-Sequenzen werden damit erheblich verbessert. Durch die Erweiterung des SMI-Mikroskops zur Realisierung von in-vivo Messungen, d.h. der Analyse von lebenden Zellen mit einem vertikalen Aufbau des SMI (dem sogenannten Vertico-SMI), können die Vorteile der SMI-Technologie auf vitale biologische Nanostrukturen erweitert werden. Hier stellen wir die Erweiterung der SMI-Technologie zur Realisierung von in-vivo Messungen durch das Vertico-SMI vor. Als zentralem Bestandteil wird dabei auf erste Kalibrationsmessungen und die Vorbereitung des Systems zum in-vivo Betrieb eingegangen.

ST 12.5 Mi 11:30 D

SMI-Mikroskopie mit einem Objektiv — ●HANS MATHÉE¹, DAVID BADDELEY¹, CHRISTOPH WOTZLAW², CHRISTOPH CREMER¹ und UDO BIRK¹ — ¹Kirchhoff-Institut für Physik, Universität Heidelberg, INF 227, 69115 Heidelberg — ²Institut für Physiologie, Universität Duisburg-Essen, Hufelandstraße 55, 45122 Essen

Das SMI-(Spatially Modulated Illumination) Mikroskop ist ein Weitfeld-Fluoreszenzmikroskop mit einer axialen räumlich modulierten Beleuchtung. Diese macht Strukturinformation von fluoreszierenden Objekten zugänglich, die Größen unterhalb der klassischen Auflösungsgrenze eines Fluoreszenzmikroskops (etwa 200nm lateral und 450nm axial) besitzen und dadurch als beugungsbegrenzte Punkte abgebildet werden. Der Anwendungsbereich dieser Methode liegt derzeit vor allem in der Analyse von fluoreszenzmarkierten biologischen Nanostrukturen im Innern von Zellen.

Bisher verwendete man für die Erzeugung der axial strukturierten Beleuchtung zwei interferierende, gegenläufige Laserstrahlen, die in zwei gegenüber stehende Objektive eingekoppelt wurden. In einem neuen, kompakteren Aufbau wurde dies durch die Verwendung eines Spiegels an Stelle des zweiten Objektivs wesentlich vereinfacht. Vorgestellt werden das Potenzial dieser Methode für die Untersuchung kleinster biologischer Objekte, ein Vergleich zwischen beiden SMI-Mikroskop Aufbauten, sowie Nanostrukturuntersuchung des transkriptionalen Aktivitätszustandes einzelner, spezifisch fluoreszenzmarkierter Genregionen in menschlichen Zellkernen.

ST 12.6 Mi 11:40 D

Model based parameter estimation for high resolution optical microscopy — ●DAVID BADDELEY, HANS MATHÉE, ELVIRA STEINWAND, CLAUDIA BATRAM, CHRISTOPH CREMER, and UDO BIRK — Kirchhoff Institute für Physik, Universität Heidelberg

Novel methods of light microscopy such as 4Pi and Spatially Illuminated Illumination (SMI) microscopy provide us with information on a size scale significantly below that offered by conventional optical microscopy. In some cases (for instance the 2Photon 4Pi variants) high

resolution imaging is possible after mathematical reconstruction, but in SMI microscopy and the one-photon 4Pi variants the Optical Transfer Function (OTF) lacks the continuous support required for unambiguous image reconstruction. The same can be true for 2Photon 4Pi microscopy in cases of imperfect alignment. In such cases a model based approach allows us to evaluate the data without the need for deconvolution. Model based approaches also offer better (sub-resolution) accuracy and reliability than image based methods, as shown in a measurement repeatability of approx 2nm in our SMI distance measurements. We present an automated, model based, approach to the analysis of SMI, 4Pi, and conventional confocal images along with various examples of its application.

ST 12.7 Mi 11:50 D

TIRF und 4Pi-Mikroskopie-Analyse der Membranverteilung kardialer Kir2.x Kanäle — ●ROMAN AMBERGER¹, ELVIRA STEINWAND¹, EDGAR ZITRON², CHRISTIAN CARL¹, SONJA LÜCK², CLAUDIA KIESECKER², EBERHARD SCHOLZ², DIERK THOMAS², SVEN KATHÖFER², CLEMENS STOCKKLAUSNER³, JOHANN KIEHN², RÜDIGER BECKER², HUGO KATUS², CHRISTOPH KARLE², CHRISTOPH CREMER¹ und UDO BIRK¹ — ¹Kirchhoff-Institut für Physik, Universität Heidelberg — ²Innere Medizin III (Kardiologie), Medizinische Universitätsklinik Heidelberg — ³Pädiatrische Onkologie, Universitätskinderklinik Heidelberg

Bei Herzrhythmusstörungen nimmt die Kir 2.x Familie der Kaliumkanäle eine zentrale Rolle ein. Cluster dieser Kanäle und ihre Anordnung auf der Zellmembran können mit hoch auflösender optischer Fluoreszenzmikroskopie untersucht, und durch spezielle Markierung in Unterfamilien getrennt detektiert werden. Die von uns angewandten Techniken der 4Pi Mikroskopie und Total Internal Reflection Fluorescence (TIRF) Mikroskopie bieten eine extrem hohe optische axiale Auflösung. Um die ohnehin schon hohe Auflösung von TIRF auch lateral zu erhöhen, wird ein stehendes Wellenfeld erzeugt, welches eine optische Auflösung von etwa 100nm ermöglicht. Mit unseren Messungen konnten wir erstmals mit Methoden der Weitfelddetektion und 4Pi Mikroskopie die Clusterbildung der Kanäle zeigen. Im Moment führen wir multispektrale Messungen an mit GFP-Varianten markierten Kanälen durch, um gemeinsame Unterkanaleinheiten nachzuweisen.

ST 12.8 Mi 12:00 D

Radiation induced DNA fragmentation - AFM study. — ●KATARZYNA PSONKA^{1,2}, GISELA TAUCHER-SCHOLZ², and EWA GUDOWSKA-NOWAK^{1,2} — ¹Jagiellonian University, Institute of Physics, Cracow, Poland — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, Germany

Ionizing radiation produces a plethora of lesions in DNA including strand breaks (single or double) and alteration to bases. Double-strand breaks (DSBs) leading to DNA fragmentation are considered to be the most critical lesions resulting in cell killing, cancerogenesis or mutations. We have used Atomic Force Microscopy (AFM) to visualize the DNA fragmentation induced by heavy ions (high LET radiation) and to compare it to the fragmentation pattern obtained after X-rays (low LET radiation). Plasmid DNA was irradiated in vitro with X-rays and 3.9 MeV/u Ni ions within a dose range 0-3000 Gy. Afterwards, the samples were analyzed using AFM, which allowed the detection and length measurement of individual fragments with a nanometer resolution. Recording of the length of the induced fragments allowed to distinguish between molecules broken by a single DSB or by multiple DSBs. The fragment length distributions were derived for different doses and different radiation qualities. Our results show an influence of radiation quality on DSB production. Enhanced induction of short fragments after high LET radiation corresponds to the locally correlated induction of DSB within individual particle tracks.

ST 13 Biophysikalische Strahlenwirkungen

Zeit: Mittwoch 12:10–12:40

Raum: D

ST 13.1 Mi 12:10 D

Strahlenbiologie und Dosimetrie mit Neutronen, Ionen und Mikrostrahl — ●ULRICH GIESEN, HEIN JÜRGEN BREDE, KLAUS-DIETER GREIF, RALF NOLTE und DIETRICH SCHLEGEL — Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

Die Bestrahlungsanlagen der PTB für Neutronen ($E = 0,02 - 20$ MeV), Protonen und Alpha-Teilchen ($E = 0,1 - 20$ MeV) sowie der Mikro-

Ionenstrahl werden von vielen auswärtigen Forschergruppen für radio-biologische Untersuchungen genutzt.

Mit mono-energetischen Neutronen wurde über einen weiten Energiebereich die relative biologische Wirksamkeit für die Induktion von Chromosomenaberrationen in Lymphozyten bestimmt. Für die Anwendungen in der Biologische Dosimetrie konnten in einem intensiven Neutronenfeld Zellzyklus-Verzögerungen in Lymphozyten nach Exposition mit hohen Dosen untersucht werden.

Am Mikrostrahl werden routinemäßig Zellkerne mit einzelnen oder abgezählten hoch-LET Alpha-Teilchen und niedrig-LET Protonen bestrahlt. Forschungsschwerpunkte sind hier Bystander-Effekte und andere zelluläre Strahlenreaktionen bei niedrigen Dosen, sowie grundlegende Untersuchungen zur Biologischen Dosimetrie.

Für die absolute Dosimetrie in der Strahlentherapie mit Neutronen und Ionen wurde ein transportables Wasserkalorimeter entwickelt. Bei Messungen in verschiedenen Therapieanlagen konnte hiermit die Wasser-Energiedosis mit geringeren Unsicherheiten als mit der Ionisationkammermethode gemessen werden.

ST 13.2 Mi 12:20 D

Bestrahlungsplanung für die Schwerionentherapie - Einbindung von Clustereffekten in das Local Effect Modell — ●THILO ELSÄSSER und MICHAEL SCHOLZ — GSI Biophysik, Planckstr.1, 64291 Darmstadt

Die genaue Modellierung der erhöhten biologischen Wirkung von Ionenstrahlen ist sowohl für Anwendungen in der Tumorthherapie als auch für den Strahlenschutz von großem Interesse. Dafür hat sich das Local-Effect-Modell (LEM) insbesondere in der Schwerionentherapie mit Kohlenstoff etabliert.

In diesem Vortrag wird eine Erweiterung des LEM vorgestellt, welche der erhöhten Zellinaktivierung durch Clustereffekte von Strangbrüchen bei hohen lokalen Dosen Rechnung trägt. Dabei ergibt sich eine höhere biologische Wirkung für Hoch-LET-Teilchen als bisher angenommen, wohingegen der RBE von Teilchen mit niedrigem LET bislang eher

überschätzt wurde. Dieser Effekt steht in Einklang mit Daten von in-vivo und in-vitro-Messungen und ermöglicht eine größere Genauigkeit der Therapieplanung.

ST 13.3 Mi 12:30 D

RBE - Vergleich für niederenergetische Protonen, ^3He - und ^4He -Ionen — ●CAROLA GÜBITZ — GSI Biophysik, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt

In der Bestrahlungsplanung für die Schwerionentherapie müssen auch die biologischen Effekte der leichten Kernfragmente, wie Protonen und Heliumionen, berücksichtigt werden. Kernfragmente entstehen bei Kollisionen der Projektilkerne mit Targetkernen. Um deren biologische Wirkung zu untersuchen, wurden Zellkultur-Überlebensexperimente mit Protonen, ^3He und ^4He durchgeführt. Die Daten der Protonenexperimente können auch für die Protonentherapie verwendet werden. Die Experimente wurden am Tandem-Beschleuniger des Max-Planck-Instituts für Kernphysik in Heidelberg mit CHO-K1-Zellen (Chinese hamster ovary) durchgeführt. Es wurden Überlebenskurven bei verschiedenen Energien erstellt. Die Energien auf Target wurden mit einem Silizium-Detektor gemessen, um sowohl die exakte Energie an der Position der Zellbestrahlung als auch die Energiestreuung zu bestimmen. Aus dem Zellüberleben nach Bestrahlung ergaben sich Abhängigkeiten des Wirkungsquerschnitts und der relativen biologischen Wirksamkeit (RBE) von der Energie bzw. dem zugehörigen linearen Energietransfer (LET) der Ionen. Diese Ergebnisse wurden mit den Modellrechnungen der Kohlenstoff-Ionentherapie verglichen.

ST 14 Medizinphysikalische Messverfahren

Zeit: Mittwoch 12:40–13:10

Raum: D

ST 14.1 Mi 12:40 D

Online-Messungen von Stickstoffmonoxid im menschlichen Exhalat — ●JÖRG LAUENSTEIN¹, CHRISTOPH MITSCHERLING¹, ALEXEI A. VESELOV², OLEG S. VASYUTINSKII² und KARL-HEINZ GERICKE¹ — ¹Institut für Physikalische und Theoretische Chemie, TU Braunschweig — ²Ioffe Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

Stickstoffmonoxid wird in Zukunft eine wichtige Rolle in der Diagnostik und Therapie spielen, dazu muss NO schnell und zuverlässig nachgewiesen werden. Eine Möglichkeit ist die Atemluftanalyse, da NO hier leicht und nicht-invasiv nachweisbar ist. Eine Methode, die sowohl sensitiv als auch zeitaufgelöst genug ist, den Stickstoffmonoxid-Gehalt einzelner Atemzüge aufzulösen, ist die Laserinduzierte Fluoreszenz. Neben der Sensitivität und der Zeitauflösung spielt vor allem die Selektivität eine entscheidende Rolle, die uns befähigt, NO isotopenselektiv nachzuweisen. Durch die Einnahme von isopenmarkierten Precursoren und anschließender Messung der entsprechenden NO-Isotopomere in der Atemluft können Rückschlüsse auf die im Körper stattfindende Umsetzung gezogen werden, ohne auf den Organismus selbst Einfluss zu nehmen. Neben der medizinischen Anwendung kann die Apparatur genutzt werden, um die NO-Emissionen von Pflanzen und Böden zu untersuchen.

ST 14.2 Mi 12:50 D

Isotopenselektiver Nachweis von Stickstoffmonoxid mittels LIF — ●CHRISTOPH MITSCHERLING, JÖRG LAUENSTEIN und KARL-HEINZ GERICKE — Institut für Physikalische und Theoretische Chemie, TU Braunschweig

Stickstoffmonoxid, NO, ist für eine Vielzahl physiologischer Prozesse von Säugetieren verantwortlich. In Bezug auf Düngung und Pflanzenwachstum spielt es eine entscheidende Rolle bei Regulierungsprozessen. Dabei ist eine nicht-invasive Konzentrationsbestimmung von NO wünschenswert, wie beispielsweise die Atemluftuntersuchung. Die niedrigen Konzentrationen von etwa 10 parts per billion (ppb) werden schnell und akkurat mittels laserinduzierter Fluoreszenzspektroskopie unter Ver-

wendung des $A^2\Sigma^+(v' = 0, J') \leftarrow X^2\Pi_\Omega(v'' = 0, J'')$ -Übergangs nachgewiesen. Besonders der Nachweis vom $^{15}\text{N}^{16}\text{O}$ -Isotop kann im Zusammenhang mit ^{15}N -dotierten Medikamenten und Aminosäuren zu einem zeitaufgelösten Metabolismusverhalten herangezogen werden. Für eine Online-Messung des menschlichen Exhalats wurde eine Atemmaske entsprechend präpariert. Weiter sind Messungen der NO-Ausschüttung von menschlicher Haut und Pflanzenteilen vorgenommen worden bei einer theoretischen unteren Nachweisgrenze von etwa 0,1 ppt.

ST 14.3 Mi 13:00 D

Radiation techniques for the study of bones, teeth and kidney stones — ●ANWAR CHAUDHRI¹, NASIR CHAUDHRI², and JOHN WATLING³ — ¹Inst. of Medical Physics, Klinikum-Nuernberg & PCSIR, Lahore, Pakistan — ²Pakistan Council of Scientific & Industrial Research, Lahore, Pakistan — ³Centre for Forensic Science, Uni. of Western Australia

Various nuclear activation techniques have been developed and applied to determine the elemental composition of calcified tissues (teeth and bones). Fluorine was determined by prompt gamma activation analysis through the $^{19}\text{F}(p,\text{ag})^{16}\text{O}$ reaction. Carbon was measured by activation analysis with He-3 ions, and the technique of Proton-Induced X-ray Emission (PIXE) was applied to simultaneously determine Ca, P, and trace elements in well-documented teeth. Dental hard tissues: enamel, dentine, cementum, and their junctions, as well as different parts of the same tissue, were examined separately. Furthermore, using a Proton Microprobe, we measured the surface distribution of F and other elements on and around carious lesions on the enamel. The depth profiles of F, and other elements, were also measured right up to the amelodentin junction. Some results on qualitative trace elements analysis of teeth and on the distributions of various elements in kidney stones, using the powerful technique of Laser-Ablation Inductively-Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICP-MS) are also presented.

ST 15 Öffentlicher Abendvortrag von Wolfgang Schlegel

Zeit: Mittwoch 19:30–20:30

Raum: F

Strahlen gegen Krebs: Physik und Technik der modernen bildgeführten Strahlentherapie — Beitragstext siehe Programmbereich Plenarvorträge.